

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**

**INGENIERAS EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA:**

**ESTUDIO DE DIVERSIDAD QUÍMICA CUALITATIVA Y  
CUANTITATIVA DE ACEITES ESENCIALES PROVENIENTES  
DE DIFERENTES VARIEDADES DE ROSAS HÍBRIDAS DE TÉ**

**AUTORAS:**

**PAMELA ELIZABETH LOGROÑO LÓPEZ**

**JOHANA MARICELA LOZANO CALVA**

**TUTOR:**

**PACO FERNANDO NORIEGA RIVERA**

**Quito, junio 2019**

### **Cesión de derechos de autor**

Nosotros Pamela Elizabeth Logroño López, con documento de identificación N° 1750336420, y Johana Maricela Lozano Calva con documento de identificación N° 1726520198, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “Estudio de diversidad química cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales provenientes de diferentes cruza de Rosas Híbridas de Té”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras en Biotecnología de los Recursos Naturales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Nombre: Pamela Elizabeth Logroño López

Cédula: 1750336420

Fecha: Junio, 2019



.....

Nombre: Johana Maricela Lozano Calva

Cédula: 1726520198

Fecha: Junio, 2019

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación "Estudio de diversidad química cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales provenientes de diferentes cruzas de Rosas Híbridas de Té", realizado por Pamela Elizabeth Logroño López y Johana Maricela Lozano Calva, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio del 2019



Paco Fernando Noriega Rivera

C.I. 0602421323

## **Dedicatoria**

A Dios por permitirme culminar con esta etapa de mi vida.

A mis padres, Héctor Lozano y Piedad Calva, a mi hermano Carlos Lozano, quienes con su amor y apoyo incondicional, me guiaron durante toda mi carrera y nunca dejaron que me diera por vencida, sin importar lo difícil que fuera.

A mis abuelitos Carlos y María que siempre me llenaron de amor y me motivaron a seguir adelante, quiero que sepan que logré cumplir con mi objetivo y que a pesar de no tenerlos conmigo, guardo cada momento que viví junto a ustedes.

A mis tíos Marco, Carlos, Noemí e Isidora por ayudarme cuando más lo he necesitado, por cada consejo y regaño, gracias a su dedicación y amor, todo esfuerzo ha valido la pena.

A mis amigos, por su confianza y amistad a lo largo de mi vida universitaria, con quienes forjamos recuerdos y experiencias gratas que perduraran por siempre.

**Joha.**

A Dios, que con su bendición he logrado culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres Rene Logroño y Olga López, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida, quienes me han guiado con su ejemplo y gracias a ello he logrado llegar hasta aquí. A mi hermano Kevin, por su motivación, risas y consejos a lo largo de este arduo proceso.

A mis abuelitos Efraín y Rosario, que con su sabiduría, enseñanzas y conocimientos me incentivaron a ser una mejor persona. A mis tíos Marco, Jorge y Silvia, quienes con su motivación y cariño han contribuido a cumplir con este sueño.

A mis amigos, por brindarme su amistad incondicional a lo largo de toda la carrera universitaria, llenándola de momentos gratos que siempre estarán en mi memoria.

**Pame.**

## **Agradecimientos**

A la Universidad Politécnica Salesiana por permitirnos llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A nuestro tutor PhD. Paco Fernando Noriega Rivera por la atención, paciencia, comprensión y ayuda brindada durante el desarrollo y conclusión de nuestro trabajo de titulación.

A la Ingeniera Agrónoma Andrea Quezada que se encargó de los procesos de desarrollo, selección y recolección de las muestras analizadas (Rosas Híbridas de Té), adicionalmente por su contribución al proporcionar información útil para el progreso del trabajo experimental.

A los docentes: PhD. Christian Larenas, quien contribuyo de manera proactiva en el análisis estadístico de los datos finales, a la MSc. Laura Huachi y PhD. Sabino Armenise, por su motivación y asesoramiento en el desarrollo del trabajo de titulación.

A los Asistentes de Laboratorio de Ciencias de la Vida, en especial a Carina Hidalgo, Byron Fuertes y Johana Meneses por su disposición, amistad y apoyo desinteresado, permitiéndonos cumplir cada una de las actividades de este proyecto.

También es importante mencionar la colaboración de los ingenieros Edison Osorio y Marco Ibarra, quienes a pesar de encontrarse lejos, fueron parte fundamental de nuestro trabajo de investigación, siempre atentos a nuestras necesidades, mientras se encontraban laborando en los laboratorios de la Universidad.

A nuestras compañeras y amigas, Belén Montaluisa, Larissa Jaramillo y Gina Jami quienes nos asistieron durante el proceso experimental y fueron parte clave para llevar a feliz término nuestro proyecto.

## Índice

Introducción .....	1
Capítulo 1 .....	4
Marco Teórico .....	4
1.1.    Rosas Híbridas de Té.....	4
1.1.1.    Origen de los Híbridos de Té. ....	4
1.1.2.    Descripción botánica.....	7
1.1.3.    Distribución geográfica.....	8
1.2.    Aceites esenciales.....	8
1.2.1.    Definición.....	8
1.2.2.    Propiedades físicas de los aceites esenciales. ....	9
1.2.3.    Composición química de los aceites esenciales. ....	9
1.2.4.    Formas de extraer el aceite esencial de una planta. ....	10
1.2.4.1.    Hidrodestilación. ....	10
1.2.4.2.    Extracción con disolventes .....	11
1.2.4.3.    Extracción por fluidos supercríticos .....	12
1.2.4.4.    Extracción por microondas.....	13
1.3.    Caracterización de los aceites esenciales. ....	14
1.3.1.    Evaluación organoléptica (sensorial). ....	14
1.3.2.    Determinación de propiedades fisicoquímicas.....	14
1.3.3.    Determinación de propiedades biológicas. ....	15

1.3.4.	Determinación de la composición química. ....	15
1.4.	Aceite esencial de Rosa. ....	17
1.5.	Usos y aplicaciones. ....	18
1.6.	Importancia económica. ....	19
1.7.	Importancia ambiental .....	20
Capítulo 2	.....	22
Marco Metodológico	.....	22
2.1.	Recepción del material vegetal.....	22
2.2.	Procesamiento de material vegetal. ....	22
2.3.	Extracción del aceite esencial por hidrodestilación.....	24
2.4.	Cálculo del rendimiento. ....	25
2.5.	Análisis de los aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.....	26
2.6.	Identificación de componentes.....	26
2.6.1.	Análisis estadístico.....	28
Capítulo 3	.....	30
Resultados y Discusión	.....	30
3.1.	Calculo de rendimientos de los aceites esenciales de Rosas Híbridas de Té.....	30
3.2.	Identificación cualitativa y cuantitativa de los aceites esenciales obtenidos de Rosas Híbridas de Té.....	35

3.3. Selección de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té según los compuestos de interés.....	36
3.4. Análisis estadístico de las variedades de Rosas Híbridas de Té seleccionadas.....	42
Conclusiones .....	48
Recomendaciones.....	50
Referencias.....	51
Anexos.....	59



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Códigos de las muestras analizadas .....	23
<b>Tabla 2.</b> Tiempos de retención de n-alcanos (C8-C2).....	28
<b>Tabla 3.</b> Rendimientos de los aceites esenciales de Rosas Híbridas de Té .....	30
<b>Tabla 4.</b> Análisis estadístico descriptivo de los valores originales .....	32
<b>Tabla 5.</b> Análisis estadístico descriptivo de los valores estandarizados .....	33
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de los híbridos según su rendimiento.....	34
<b>Tabla 7.</b> Porcentajes originales obtenidos del análisis cromatográfico a los aceites esenciales de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té .....	38
<b>Tabla. 8</b> Porcentajes estandarizados (Log + 1) obtenidos del análisis cromatográfico a los aceites esenciales de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té. ....	39
<b>Tabla 9.</b> Proporción C/G de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té .....	41
<b>Tabla 10.</b> Análisis de conglomerados .....	44

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Representación gráfica de la evolución genética de las rosas a través del tiempo por el cruzamiento de varias especies, hasta llegar a la obtención de híbridos de Té.....	6
<b>Figura 2.</b> Análisis de componentes principales de las veinte mejores muestras de aceite esencial.....	42
<b>Figura 3.</b> Dendrograma de las veinte mejores muestras de aceites esenciales. ....	43
<b>Figura 4.</b> Gráfico de barras de los porcentajes de acuerdo a los cinco compuestos de interés contenidos en cada clúster. ....	46

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Material vegetal fresco .....	59
<b>Anexo 2.</b> Corola y cáliz (gineceo y el androceo) de la planta. ....	59
<b>Anexo 3.</b> Equipo de hidrodestilación (Clevenger).....	60
<b>Anexo 4.</b> Aceite esencial de rosa. ....	60
<b>Anexo 5.</b> Cromatógrafo de Gases Acoplado a Masas GC/MS .....	61
<b>Anexo 6.</b> Cromatógrafo listo para el análisis de muestras.....	61
<b>Anexo 7.</b> Análisis cualitativo y cuantitativo de los aceites esenciales provenientes de diversos cruces de Rosas Híbridas de Té. ....	62

## Resumen

La presente investigación evaluó la calidad cualitativa y cuantitativa en 49 variedades híbridadas localmente de Rosas de Té. Los ensayos determinaron el rendimiento del aceite esencial y su calidad química en función de las moléculas más representativas e importantes en los aceites esenciales de rosa. La obtención de los aceites se realizó por hidrodestilación y posteriormente se calculó el rendimiento de los mismos como un parámetro de clasificación para los híbridos (rendimiento alto, medio y bajo), basándose en los valores estadísticos  $Q_1$  y  $Q_3$ , tomándose en cuenta para este estudio los híbridos con los mejores rendimientos. La composición química de cada aceite esencial se determinó mediante cromatografía de gases acoplada a masas. Las moléculas presentes variaron significativamente entre cada muestra, por lo cual se consideró apropiado seleccionar a cinco compuestos importantes en relación a la calidad del aceite (citronelol, geraniol, linalool, nerol y feniletanol), debido a su importancia en la industria cosmética y de perfumería. La proporción citronelol/geraniol (C/G) se estableció para evaluar la calidad del olor del aceite, siendo los híbridos C015=0,803; A019=1,161; A069=1,471 y C003=1,471 los que presentaron mejores proporciones. También se realizó un análisis predictivo (PCA) para establecer las posibles asociaciones (composición química y rendimiento) entre las muestras, obteniéndose siete grupos (A, B, C, D, E, F y G) que se confirmaron al efectuar un análisis MDS y Clúster, destacándose las muestras C003, A009 y A069 como las más promisorias para una explotación a nivel industrial.

**Palabras clave:** Rosa Híbrida de Té, Aceite esencial, GC/masas, C/G

## **Abstract**

This research assessed qualitative and quantitative quality in 49 locally hybridized varieties of Tea Roses. The tests determined the performance of the essential oil and its chemical quality based on the most representative and important molecules in rose essential oils. The oil was obtained by hydrodistillation and subsequently the yield of the oils was calculated as a classification parameter for hybrids (high, medium and low yield), based on statistical values Q1 and Q3, taking into account for this study hybrids with the best yields. The chemical composition of each essential oil was determined by mass-coupled gas chromatography. The molecules present varied significantly between each sample, so it was considered appropriate to select five important compounds in relation to oil quality (citronellol, geraniol, linalool, nerol and phenyl ethyl alcohol), due to their importance in the cosmetics and perfumery industry. The citronellol/geraniol ratio (C/G) was established to evaluate the odor quality of the oil, with hybrids C015=0,803; A019=1,161; A069=1,471 and C003=1,471 which had better proportions. A predictive analysis (PCA) was also performed to establish possible associations (chemical composition and performance) between samples, with seven groups (A, B, C, D, E, F and G) that were confirmed when performing an MDS and Cluster analysis, highlighting the C003, A009 and A069 samples as the most promising for industrial exploitation.

**Keywords:** Hybrid Tea Rose, Essential Oil, GC/Mass, C/G

## **Introducción**

Las plantas producen una serie de metabolitos secundarios que pueden ser aislados y usados en diversas formulaciones dentro del campo cosmético, farmacéutico, alimenticio, entre otros; uno de los metabolitos con mayor relevancia es el aceite esencial, el cual es obtenido tras la síntesis y mezcla de varias sustancias. Los terpenos, compuestos aromáticos, hidrocarburos, ésteres, alcoholes, cetonas y aldehídos constituyen la base de los aceites esenciales generando así una sustancia volátil y compleja, con característica aromática, agradable e intensa propia de cada variedad vegetal de la cual fue obtenida (Arzate, Bautista, Piña, Reyes, & Vázquez, 2017).

Uno de los aceites esenciales con mayor empleo en la industria farmacéutica, cosmética y de perfumería es el aceite proveniente de las rosas. Los principales productores de aceite de rosa en el mundo son Turquía, Bulgaria, Marruecos, Irán, Egipto, Francia, China e India. Cabe destacar que Turquía y Bulgaria son los mayores productores de aceite y rosas en el mundo; siendo así que Turquía produce alrededor de 2 toneladas de aceite esencial de rosa por año, un valor muy cercano a lo producido en Bulgaria que corresponde a 1,5 toneladas anuales; sin embargo la producción total de aceite de rosa a nivel mundial se estima en un valor de 20 toneladas (Baydar, 2016).

En general, se puede obtener 1 kg de aceite esencial a partir de 3000-4000 kg de pétalos de rosa, motivo por el cual el rendimiento en relación a la producción de aceite esencial de rosa es muy bajo (0,03-0,04 %); alcanzando así un costo de 5750 a 6000 dólares; lo que lo convierte en uno de los aceites esenciales de mayor importancia económica en el mercado mundial (Kovacheva, Rusanov, & Atanassov, 2010).

El aceite esencial de rosa de mejor calidad de acuerdo con las normas mundiales se produce de rosas cultivadas en Isparta (Turquía) y Kazanlak (Bulgaria). Sin embargo,

estos países tienen como limitante su ubicación geográfica, lo que conlleva a tan solo una cosecha anual de rosas que va desde mayo a junio, impidiendo de esta manera una producción continua de la misma (Baydar, 2016). Es por ello que Ecuador presenta una ventaja competitiva frente a dichos países.

Ecuador goza de privilegios propios al encontrarse en la línea ecuatorial como el de disponer de un mayor tiempo de iluminación solar durante todo el año (12 horas luz). A esto se suma la ubicación geográfica que disponen los valles del país, debido a que presentan temperaturas optimas, abundante presencia de agua y mano de obra propia del sector, características que favorecen y garantizan el correcto desarrollo de las flores, generando así un impacto significativo en el costo final del producto, ya que una hectárea de rosas producida en el país representa la cuarta parte de lo que costaría en Holanda y la mitad del valor en Israel (Naranjo & Burgos, 2010).

Una de las actividades económicas más importantes del Ecuador es la producción de rosas, ya que es considerado el cuarto productor a nivel mundial; las rosas constituye el quinto insumo más importante de exportación a países como Estados Unidos, Holanda, Alemania, Rusia, Italia y Canadá. En menor cantidad se exporta a Francia, Suiza, España y Argentina. Por su crecimiento vertiginoso se ha convertido en una de las fuentes de empleo más importante de nuestro país generando empleos directos a unas 40000 personas (González, Leon, Molina, & Vera, 2018).

Durante el año 2016 las rosas abarcaron el 68 % de la producción nacional para exportación, alcanzando un número de 3804852741 de tallos, lo cual genera aproximadamente un ingreso de 71 millones de dólares por año, siendo la época más importante los meses de enero e inicios de febrero (Salazar, 2016). La rosa ecuatoriana forma parte de un mercado selecto, en donde se la considera como la mejor del mundo,

por su calidad, belleza y características únicas como: tallos gruesos y de gran extensión, botones grandes y colores vivos. Un gran distintivo de la rosa ecuatoriana es su larga vida, luego de ser cosechada (Campo, 2012).

Es por esto, que se desea realizar un estudio de diversidad química cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales provenientes de diferentes cruces de Rosas Híbridas de Té, y de esta manera poder ampliar nuestros productos de exportación, teniendo en cuenta que en este proceso las condiciones del cultivo de rosas serán distintos, siendo menos nocivos para el medio ambiente y la salud humana, disminuyendo el uso de plaguicidas y fertilizantes, ya que se trabajará desde un enfoque menos estético, en cuanto al aspecto de las rosas y más en el rendimiento de sus aceites esenciales.

La obtención de este aceite esencial también se podría llevar a cabo por hidrodestilación, ya que es el método más barato y eficaz para este tipo de extracción que se utiliza en el país. Además, si se logra obtener las variedades de Rosas Híbridas de Té que tengan una producción de alto rendimiento de aceite esencial y que este sea de muy buena calidad, se podría llevar a este modo de producción a gran escala, y alcanzar grandes réditos económicos con la comercialización del aceite esencial de rosas como producto final. De esta manera el país no solo se dedicaría a la exportación de la rosa ornamental, sino también de productos derivados de la misma.



## **Capítulo 1**

### **Marco Teórico**

#### **1.1. Rosas Híbridas de Té**

##### **1.1.1. Origen de los Híbridos de Té.**

La rosa se considera originaria de China e India hace más de 4000 años, también constituía la parte más importante del jardín del emperador chino Ming Huang de la dinastía Ming, en Pequín. El cultivo de rosales alcanzó Persia y Egipto, luego se introdujeron en Europa Occidental y América (Domínguez, 2015).

Las variedades de rosas silvestres se caracterizan por crecer en la naturaleza sin manipulación alguna por parte del hombre; de estas rosas mediante mejoramiento genético parten los nuevos tipos de rosas que se disponen hoy en día. Su color es generalmente purpura, rosa, blanco o amarillo con 5 pétalos. Hay pocas flores rojas y ninguna en color azul, este tipo de cultivos florecen una vez al año (Arzate et al., 2017). Los denominados rosales antiguos son aquellos que surgieron antes del año 1867, son híbridos de variedades de rosas silvestres, los cuales no necesitaban cuidados especiales, razón por la cual en la actualidad se ha retomado el cultivo de este tipo de rosales por su extraordinaria resistencia (Domínguez, 2015).

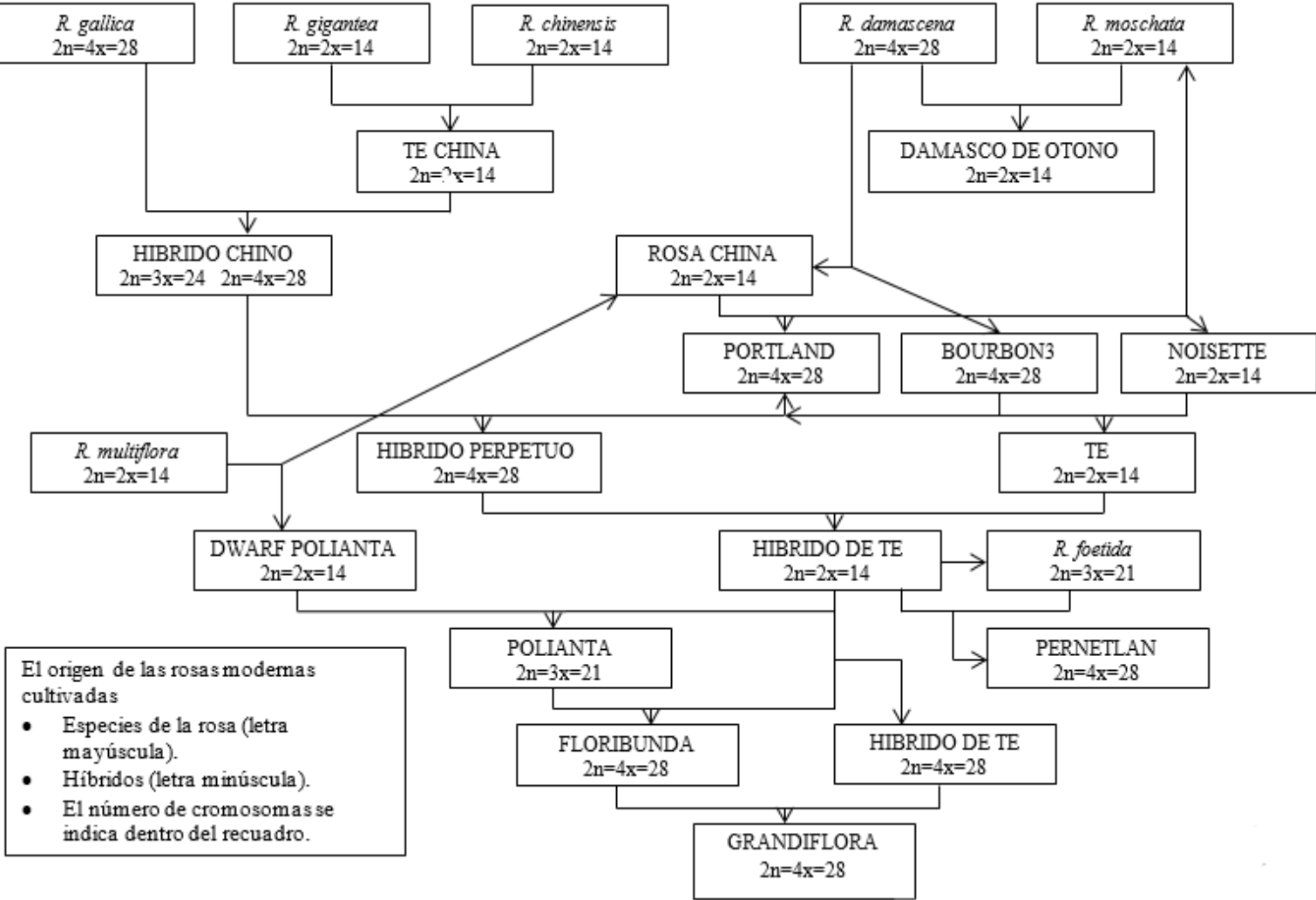
El cultivo de rosales desde la antigüedad estaba muy difundido, tanto por su valor medicinal, aromático y ornamental. Los primeros datos que revelan su utilización ornamental, se remontan a Creta (s. XVII a.C.) siendo un ícono para babilónicos, sirios y romanos. Cuando delegaciones de jardineros ingleses introdujeron nuevas variedades de rosa desconocidas para ellos, es entonces cuando prolifera la realización de cruzamientos (hibridaciones) entre rosas consiguiendo nuevas variedades (Castilla, 2005).

A finales del siglo XVII las variedades europeas de rosas fueron cruzadas con rosas procedentes de China (*R. chinensis* x *R. gigantea*) que aportaron características diferentes como colores vivos, follaje brillante y floración continua. La mejora genética aplicada a los cultivos de rosa a mediados del siglo XIX consiguió variedades que florecían 2-3 veces al año, más compactas y resistentes que las rosas de China, llamadas Híbridos Perpetuos, desarrollándose otra clase de rosas de Té con perfume y muy buenas características en la flor (Cherri-Martin, Jullien, Heizmann, & Baudino, 2015).

Los cruces de las Rosas de Té y los Híbridos Perpetuos a mediados del siglo XIX, dieron lugar a los Híbridos de Té (*Rosa x hybrida*), que son los cultivares más comunes actualmente, constituyendo el 95 % de los rosales que se cultivan (Castilla, 2005). El primer híbrido de la rosa de Té reconocido se denomina “La France”, el cual contenía características de varias especies de rosas (*R. gallica*, *R. chinensis*, *R. gigantea*, *R. moschata* y *R. damascena*), también dio lugar a la aparición de la era de los rosales modernos (Ver Figura 1) (Arzate et al., 2017).

Se han logrado mejorar más de 10000 híbridos de la rosa de Té a finales del siglo XX de forma exitosa, y actualmente es posible observar innumerables variedades como: “Peace”, “Oklahoma”, “Jadis” entre otras, que se encuentran distantes del prototipo original conocido como “La France” (Scanniello, 2006). En un principio la fragancia no se consideró trascendental en la creación de estos híbridos, por lo que esta característica de los progenitores originales se perdió durante años; sin embargo con el paso del tiempo dicha concepción cambió, siendo necesario pasar 40 años para que el aroma regrese a dichas variedades mediante técnicas de hibridación, debido a la reciente demanda de rosas de corte perfumadas (Schneider, 2009; Cherri-Martin et al., 2015).

**Árbol genealógico que muestra el origen de las rosas modernas**



**Figura 1.** Representación gráfica de la evolución genética de las rosas a través del tiempo por el cruzamiento de varias especies, hasta llegar a la obtención de híbridos de Té.

**Fuente:** (J. López, 1981)

### **1.1.2. Descripción botánica.**

Pertenece a la familia *Rosaceae*. Esta variedad es producto del cruce de varias especies de rosas, generalmente son muy perfumadas y de la mejor calidad para extraer sus fragancias en la elaboración de esencias. Son plantas arbustivas de porte erecto, poco ramificadas y con una altura de 0,6 a 1,3 m, presentan tallos largos, hojas de color verde brillante y sus flores son grandes, con un tamaño aproximado de entre 8-12 cm de diámetro, estando muy bien formadas y globosas, simples o en racimos, formadas en el ápice del tallo y con una amplia gama de colores (Rodríguez & Lozano, 2014; UMA, 2012).

Existen numerosas variedades, algunas de ellas destinadas únicamente como flor de corte y jardinería. Además, presentan características excepcionales, como resistencia a enfermedades, adaptación al frío, vigor y floración continua, generalmente dos veces al año (Domínguez, 2015).

El género *Rosa* presenta características morfológicas específicas tales como: tallos largos y verticales que presentan aguijones distribuidos uniformemente; flores completas y hermafroditas compuestas por una serie de pétalos que forman un capullo de tamaño variado, cabe destacar que el mismo presenta una amplia gama de colores, adicionalmente posee un perianto bien desarrollado; receptáculo floral prominente y cáliz dialisépalo; hojas de característica ovalada y borde acerrado con tonalidad verdosa que se encuentran dispuestas una frente a otra; androceo compuesto por numerosos estambres; gineceo conformado por varios pistilos, ovario súpero, numerosos carpelos uniovulados y libres, así cada carpelo produce un aquenio y su fruto está compuesto por varios aquenios (poliaquenio) contenidos en un receptáculo carnosos (Arzate et al., 2017).

### **1.1.3. Distribución geográfica.**

Es el rosal más típico de todos y el más exuberante, las rosas híbridas de Té se encuentran en los jardines de todo el mundo, debido a que esta planta es muy cultivada sobre todo en las zonas mediterráneas y cálidas (De Vries, Lidwien, & Smeets, 2015).

El género *Rosa* es originario de las zonas templadas de América del Norte, Europa, Asia y Medio Oriente, siendo el lugar más privilegiado China Oriental ya que posee una gran diversidad de variedades de rosas. Cabe destacar que no se ha registrado la presencia endémica del género *Rosa* dentro del hemisferio sur (UMA, 2012).

## **1.2. Aceites esenciales.**

### **1.2.1. Definición.**

El aceite esencial es una combinación específica y compleja de sustancias químicas las cuales son biosintetizadas en las plantas, que presenta una composición y aroma característico, posee una apariencia oleosa y se lo obtiene a través de métodos fisicoquímicos (Ortuño, 2006).” La Organización Internacional de Normalización, ISO (International Organization for Standardization) por sus siglas en inglés, define al aceite esencial como un producto obtenido a partir de materia prima natural de origen vegetal mediante: destilación de vapor (hidrodestilación), por procesos mecánicos del pericarpio de cítricos, o por destilación en seco” (Groot, 2018).

Alrededor del mundo se ha identificado más de 4000 aceites esenciales provenientes de diversas plantas aromáticas, cabe destacar que no todas las plantas presentan aceite esencial; para la obtención del aceite es importante tomar en cuenta el tipo de estructura vegetal a ser seleccionado, ya que las zonas con mayor presencia del mismo son las hojas, flores, frutos o raíces, motivo por el cual constituyen una buena fuente de materia prima (Ortuño, 2006).

### **1.2.2. Propiedades físicas de los aceites esenciales.**

Los aceites esenciales son sustancias que se caracterizan por presentar una coloración que va desde el amarillo claro casi transparente hasta una coloración amarilla más intensa, presentan poca solubilidad en el agua pero mayor afinidad hacia los disolventes orgánicos y los alcoholes; poseen una densidad menor a la del agua (densidad = 1 g/cm) y un índice de refracción alto (Romero, 2004).

### **1.2.3. Composición química de los aceites esenciales.**

Los aceites esenciales se encuentran constituidos por: terpenos, siendo los más importantes los monoterpenos y los sesquiterpenos (Groot, 2018), los cuales constituyen un 75 a 90 % del peso total del aceite. Los terpenos se caracterizan por ser inodoros o aportan muy poco al aroma del aceite, en general proporcionan la volatilidad, inflamabilidad y las características físicas tales como densidad, viscosidad al aceite (Ortuño, 2006).

Adicionalmente existen diversas moléculas que constituyen la estructura del aceite esencial como: alcoholes, aldehídos, fenoles, éteres y cetonas (Groot, 2018), dichas sustancias son las responsables de suministrar el aroma característico del aceite ya que las mismas se encuentran en proporciones adecuadas (Ortuño, 2006).

La estructura de los aceites esenciales identificada mediante análisis químicos específicos determina que existen alrededor de 100 a 250 componentes por muestra, en algunos casos existen entre dos a cinco componentes que en conjunto conforman más del 50 al 60 % del aceite (Groot, 2018). El rendimiento de aceite esencial obtenido difiere considerablemente de planta a planta, por ejemplo el mismo puede variar en flores de rosa y jazmín en aproximadamente 0,01 %, a diferencia de las semillas de

anís o cilantro que presentan un valor aproximado de 4 a 6 % de aceite esencial (Stashenko, 2009).

Los factores que pueden afectar la composición química del aceite esencial dependen directamente de factores ambientales tales como: clima, fertilización, tipo de suelo, entre otros; proceso de cosecha y post cosecha; parámetro de producción como tiempo de destilación; inclusive puede inferir el tipo de material vegetal usado ya que se toma en cuenta la especie y si la misma es silvestre o cultivada (Groot, 2018). La compleja estructura de los aceites esenciales hace muy difícil su producción artificial y eso genera un alto costo de los mismos.

#### **1.2.4. Formas de extraer el aceite esencial de una planta.**

##### **1.2.4.1. Hidrodestilación.**

El método de hidrodestilación se caracteriza por ser habitualmente usado para extraer aceites esenciales. Además, es la única técnica autorizada por la Farmacopea Europea junto con el prensado en frío para extraer aceites esenciales de las cáscaras de los cítricos. Es importante mencionar que cuando se emplea vapor en condiciones específicas como: saturación o sobrecalentamiento y el material vegetal se encuentra en contacto directo con el agua que genera el vapor, el proceso de extracción toma el nombre de hidrodestilación (Rodríguez, Alcaraz, & Real, 2012).

Para llevar a cabo el proceso de hidrodestilación, es necesario disponer de material vegetal fresco, este puede ser entero o cortado y se lo coloca en un balón de vidrio junto con el agua, el cual es calentado hasta llegar al punto de ebullición; a medida que el vapor se libera y entra en contacto con el material vegetal, el aceite esencial se desprende debido a que esta sustancia es de característica volátil y se evapora con facilidad (Ortega, 2015); el balón donde ocurre la ebullición se encuentra acoplado a

un condensador, el cual contiene un refrigerante que tiene contacto directo con el vapor y el aceite esencial, desencadenando un proceso de condensación, dando como resultado un líquido oleoso el cual es transportado por una estructura denominada cuello de cisne hasta el florentino donde la misma se almacena y decanta a temperatura ambiente, con el fin de obtener la sustancia de interés (Rodríguez et al., 2012). El proceso culmina cuando el aceite esencial obtenido es extraído y almacenado en un recipiente hermético a una temperatura adecuada. Este método se puede considerar económico y de fácil manejo a nivel industrial y de laboratorio (Paredo, Palou, & López, 2009).

#### **1.2.4.2. Extracción con disolventes**

Para llevar a cabo esta técnica es necesario que el material vegetal sea cortado y no contenga demasiada humedad. A esto se suma los diferentes disolventes orgánicos que se pueden emplear, los más usados comúnmente son el alcohol y el cloroformo. Este tipo de sustancia. Este tipo de sustancias permiten solubilizar y extraer los aceites esenciales, así como otro tipo de ceras y grasas; sin embargo este método no se recomienda llevar gran escala debido a su alto costo y a la gran cantidad de impureza que presenta el producto final (Paredo et al., 2009).

Este método presenta limitantes, debido a que algunos disolventes que se usan para la extracción pueden ser tóxicos o perjudiciales para la salud. Los contaminantes contenidos en los aceites esenciales deben regirse a lo descrito en las normas ISO dependiendo el uso al que esté destinado. Además, los solventes orgánicos utilizados deben ser depurados y eliminados a temperaturas adecuadamente (Fajardo & Navarro, 2017).



Otro tipo de extracción por disolventes que se usa comúnmente consiste en dejar reposar la muestra vegetal en alcohol, con el fin de extraer los componentes de interés, posteriormente se utilizan evaporadores rotativos para obtener el producto final (Rodríguez et al., 2012). Este procedimiento no se emplea comúnmente a nivel industrial, ya que los aceites esenciales destilados no presentan un alto grado de pureza a causa de los solventes orgánicos empleados, y además se necesitan amplios lapsos de tiempo para llevar a término dicho proceso (Paredo et al., 2009).

#### **1.2.4.3. Extracción por fluidos supercríticos**

Este método consiste en una operación unitaria que explota el poder disolvente de fluidos supercríticos en condiciones por encima de su temperatura y presión críticas. Es posible obtener extractos libres de disolvente usando fluidos supercríticos y la extracción es más rápida que con la utilización de disolventes orgánicos convencionales (Paredo et al., 2009).

El material vegetal es cortado en trozos pequeños, licuado o molido, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra de un fluido en estado supercrítico (gases en condiciones ambientales normales con alta difusividad y baja viscosidad, por ejemplo CO<sub>2</sub>). La utilización de dióxido de carbono permite lograr una alta selectividad de microcomponentes valiosos en productos naturales y es esencial para llevar a cabo la obtención de aceites esenciales, componentes antimicrobianos, antioxidantes y pigmentos en general que pueden emplearse en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica (Del Valle & Aguilera, 2010).

El disolvente utilizado como fluido supercrítico permite extraer el aceite esencial y luego se elimina al descomprimirse paulatinamente cuando se llega a una temperatura y presión estándar, la pureza del producto destilado está ligada a las condiciones de

extracción (Rodríguez et al., 2012). Este procedimiento presenta varias ventajas: tiempos de extracción más cortos, las propiedades químicas de la esencia por las bajas temperaturas utilizadas para su extracción se mantienen intactas, no requiere de mucha energía, se obtienen rendimientos elevados, y además se pueden conservar y reutilizar los disolventes. Sin embargo el equipo requerido es relativamente costoso, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción también resistentes a las altas presiones. Además, su principal desventaja es que ceras cuticulares y compuestos de alto peso molecular son extraídos junto con el aceite esencial (Paredo et al., 2009).

#### **1.2.4.4. Extracción por microondas**

Esta técnica puede utilizarse asistiendo un método convencional como la hidrodestilación o adaptando un equipo para establecerlo como un método independiente, como la extracción por microondas sin disolvente, en la cual no es necesario añadir algún tipo de líquido, puesto que la destilación se lleva a cabo sin presencia de humedad y en un ambiente seco. Por lo tanto la muestra vegetal no debe contener una cantidad excesiva de agua (Bousbia et al., 2009).

Se puede implementar este método transformando un horno microondas común; para lo cual se debe insertar un balón con base plana, que conecte con un condensador, el cual permitirá el paso de agua, sellando el enlace que conecta directamente con el horno microondas, con el fin de evitar fugas inesperadas (Rodríguez et al., 2012).

También existe otro método de destilación con microondas, el cual no necesita de una modificación, ya que la transferencia de calor y masa (cantidad de material vegetal utilizada) es unidireccional, desde el interior del material hacia el exterior. Esto hace que ocurra un proceso de hidrofusión, el cual permite la extracción del aceite esencial y del agua del material vegetal, así como su separación por gravedad (Bousbia et al.,

2009). Este tipo de extracción ofrece beneficios como una reducción considerable del tiempo y del consumo de energía, que puede realizarse a gran escala con reactores de microondas, pero se requieren altos niveles de seguridad (Paredo et al., 2009).

### **1.3. Caracterización de los aceites esenciales.**

Los aceites esenciales deben cumplir con ciertos parámetros de control de calidad, por lo que es necesario la caracterización del mismo (Flores, 2010). Para determinar la autenticidad y calidad de un aceite se deben llevar a cabo cuatro etapas: evaluación de las propiedades organolépticas; determinación de propiedades fisicoquímicas; análisis de la composición química del aceite, tanto cuantitativa como cualitativa y otros estudios como, residuos de pesticidas, trazas de metales pesados, entre otros (Stashenko, 2009).

#### **1.3.1. Evaluación organoléptica (sensorial).**

Para una adecuada caracterización, se necesario tomar en cuenta el olor, color, apariencia y textura del aceite. La evaluación sensorial se lleva a cabo mediante un grupo de “narices” o también conocidos como catadores, los cuales son pieza clave al momento de elegir un aceite esencial como parte de una fórmula (proporciona el aroma) en la industria cosmética y en la elaboración de otros productos afines (T. López, 2014).

#### **1.3.2. Determinación de propiedades fisicoquímicas.**

Las constantes fisicoquímicas de un aceite se establecen según las Normas ISO para los aceites esenciales, en dicha norma se describe paso a paso el procedimiento de evaluación de un aceite esencial como: la solubilidad en alcohol, el índices de acidez, la medición del flash point (puntos de ignición y congelación), índice de refracción, densidad, la rotación óptica, saponificación, fenoles y otros (Stashenko, 2009).

### **1.3.3. Determinación de propiedades biológicas.**

Los aceites esenciales que se emplean en la industria para consumo humano (aromatizantes y saborizantes en alimentos), artículos de aseo personal (ingredientes naturales en cosméticos como enjuagues bucales, jabones, cremas, etc.) o en fitofármacos, necesitan varios estudios que determinen la propiedad biológica de acuerdo al producto final en el cual se incorporará el aceite. Por ejemplo, las propiedades antioxidantes y la actividad antimicrobiana comprobadas, en conjunto con las características organolépticas, son esenciales para que un aceite pueda ser usado como componente natural en la manufactura cosmética y de uso diario. También se debe considerar que no tenga en su composición alérgenos o sustancias extrañas que puedan afectar al consumidor (Stashenko, 2009; T. López, 2014 ).

### **1.3.4. Determinación de la composición química.**

La determinación de la composición química es uno de los factores más importantes en el análisis de la calidad, pureza, precio y aplicabilidad industrial de los aceites esenciales. Este análisis se refleja a manera de una ficha técnica que contiene información como la tabla de composición química (constituida por los nombres de los componentes y sus cantidades relativas en porcentaje), y el cromatograma propio de la muestra analizada (Stashenko, 2009).

La técnica ampliamente aceptada para realizar la identificación química de los aceites esenciales es la cromatografía gaseosa, la cual consiste en facilitar la separación de los componentes volátiles y semivolátiles de una determinada muestra mediante la utilización de presiones y temperaturas definidas (R. López, 2015). Para ello es necesario utilizar una fase móvil gaseosa y poco reactiva como el helio, nitrógeno o hidrogeno (son conocidos como gases arrastre o transportadores), la cual permite el

paso de los solutos volátiles a través de la columna que contiene una fase estacionaria (Atkins, Jones, & Gismondi, 2006).

La división de los componentes que forman el soluto se produce por la diferencia relativa entre las presiones de vapor de los solutos individuales y las interacciones que presentan las diversas moléculas con la fase estacionaria (R. López, 2015), gracias a ello el soluto más volátil eluye fuera de la columna con mayor rapidez. El gas en la columna transporta los solutos fraccionados hacia el detector en el orden en que han sido eluidos, y son identificados por sus tiempos de retención dentro de la columna, los cuales difieren entre sí (R. López, 2015). Esto es posible observar en las gráficas que contienen picos y trazos, que poseen mayor o menor tamaño, según la cantidad de sustancia que detecten (análisis cuantitativo) (Atkins et al., 2006).

Existen dispositivos o detectores acoplados al cromatógrafo de gases, los cuales facilitan la obtención de información adicional de los solutos. Este equipo se denomina cromatógrafo de gases acoplado a masas, el cual proporciona un espectro de masas de cada elemento, al igual que su posición en el cromatograma; esta técnica generalmente se emplea para identificar la identidad de solutos cuando no se dispone de un estándar para su análisis (Atkins et al., 2006).

El espectrómetro de masas se caracteriza por emitir un bombardeo de iones a cada compuesto, a medida que los mismos salen del cromatógrafo de gases. Estos compuestos se fraccionan en iones, los cuales generan un patrón específico llamado espectro de masas, el cual es único y específico para cada sustancia, facilitando de esta manera la identificación de un determinado compuesto a nivel molecular (R. López, 2015; Atkins et al., 2006).

Actualmente los métodos de análisis en relación a los aceites esenciales son mucho más específicos y avanzados, ya que trabajan en conjunto con programas informáticos y amplias bases de datos, es así, como se puede destacar los siguientes métodos: cromatografía de gases acoplado a columnas capilares, cromatografía de gases acoplada a espectroscopia de resonancia magnética nuclear y cromatografía de gases acoplada a espectroscopia infrarroja (Stashenko, 2009).

#### **1.4. Aceite esencial de Rosa.**

El aceite esencial de rosa es producido por diversos países alrededor del mundo, entre ellos se destacan: India, Irán, Marruecos, China, Egipto, Afganistán, Bulgaria y Turquía (Moein, Zomorodian, & Almasi, 2017), siendo los dos últimos los mayores productores a nivel mundial (Pal, Mahajan, & Agnihotri, 2016). Turquía produce grandes cantidades de aceite esencial y rosas de corte para exportación; en relación al aceite Turquía satisface al mercado en un 60 %, obteniendo ganancias que se estiman en 12,6 millones de dólares (Yilmaz & Rosa, 2015).

Existen seis variedades de rosas de las cuales se obtiene aceite esencial (*Rosa damascena*, *Rosa alba*, *Rosa Gallica*, *Rosa francofurtana*, *Rosa centifolia* y *Rosa rugosa*) (Slavov, Vasileva, Stefanov, & Stoyanova, 2017), siendo la más rentable la *Rosa damascena*, ya que es la variedad con mayor producción de aceite esencial en el mercado debido a su alto rendimiento de 0,03 a 0,04 % de aceite esencial en relación a otras variedades (Manouchehri, Saharkhiz, Karami, & Niakousari, 2018); para obtener un litro de aceite esencial es necesario usar entre 3500 a 4000 kg de flores frescas (Slavov et al., 2017). Su aceite de alta calidad es usado principalmente en la industria de la perfumería y cosmética, gracias a su predominante fragancia (Pal et al., 2016).

Es importante resaltar que debido a la falta de sustitutos naturales y sintéticos, el aceite de rosas es uno de los aceites esenciales más costosos en el mercado mundial (Honarvar, Javidnia, & Khosh-Khui, 2011). El aceite de rosa es considerado como una nueva alternativa de medicina antidepresiva debido a su alto potencial antioxidante, ya que presenta mejores resultados en relación a otros aceites con el mismo potencial como: la manzanilla, el jazmín y la bergamota específicamente en pacientes con niveles considerablemente altos de estrés oxidativo (Nazıroğlu, Kozlu, Yorgancıgil, Uğuz, & Karakuş, 2013).

En general el aceite esencial de rosa está conformado por una serie de compuestos, sin embargo aún no se ha podido determinar las vías bioquímicas de síntesis de los principales componentes, dicho aceite se encuentra constituido en mayor proporción por Citronelol, geraniol, nonadecano, nerol, etanol, heneicosano y n-heptadecano (Groot, 2018), sin embargo se menciona que dentro de su estructura se encuentra más de 400 compuestos volátiles los cuales se agrupan en tres grandes grupos: terpenos (monoterpenos y sesquiterpenos), derivados lipídicos (se generan en hojas y sépalos por lesión) y compuestos aromáticos (2-feniletanol proporciona un aroma dulce y otros compuestos como 3,5-dimetoxitolueno (DMT), el cual generan el característico aroma a té específicamente en Rosas híbridas de té) (Cherri-Martin et al., 2015). Cabe destacar que en las rosas híbridas de té no se han realizado estudios consistentes sobre el rendimiento y la calidad del aceite esencial.

### **1.5. Usos y aplicaciones.**

Desde una perspectiva industrial, solo unas pocas especies de Rosa (*Rosa damascena* Mill, *Rosa gallica* L, *Rosa moschata* Herrm y *Rosa centifolia* L) se utilizan para la producción de aceite esencial, siendo la rosa de Damasco la especie más importante para la producción de aceite en el mundo (Baydar & Baydar, 2005).

Las variedades de rosas llamadas “Híbridas de Té”, generalmente son muy perfumadas y de buena calidad, razón por la cual es importante la extracción de su aceite en la industria. Su aceite esencial se extrae de la destilación al vapor de los estambres y los pétalos (De Vries & Smeets, 2009). Este tipo de aceite es conocido por sus aplicaciones en perfumería fina y en la preparación cosmética, para la producción de perfumes, cremas, lociones, champú, pomadas, etc. Además de sus efectos aromatizantes, posee una amplia gama de actividades bioquímicas, como analgésico, hipnótico, antiespasmódico, antiinflamatorio y anticonvulsivo (Moein, Karami, Tavallali, & Ghasemi, 2010).

Presenta una suave acción laxante, ayuda a aliviar síntomas como la pérdida del apetito, tensión premenstrual y menopausia. También es utilizado para combatir infecciones respiratorias, tos, fiebre, congestión nasal, llagas bucales, dolor de garganta, infecciones en ojos y párpados (Sereshti, Karimi, & Samadi, 2014). Gracias a estas propiedades, su uso por parte de las empresas farmacéuticas ha incrementado en los últimos años. A esto se suma su elevado contenido de vitamina C, el cual se contrasta con ciertas verduras y frutas, comprendiendo entre 300 a 400 mg de vitamina C por cada 100 g de material vegetal (flores de rosa), lo que ha incentivado su uso en el ámbito gastronómico (Arzate et al., 2017).

#### **1.6. Importancia económica.**

Actualmente Ecuador comercializa alrededor de sesenta y dos variedades de aceites esenciales siendo los más representativos el aceite a base de palo santo, orégano y ylang ylang, los cuales son generados por empresas como Young Living Ecuador e Isabru Botanic que son un claro ejemplo de innovación dentro de este campo. Cabe destacar que los mercados que presentan mayor acogida hacia los aceites esenciales producidos en Ecuador son: Estados Unidos (comprador mayoritario) Alemania, Hong



Kong y Sri Lanka (compradores minoritarios) (Revista Vistazo-Enfoque, 2018). Gracias a que el país posee apertura en los mercados internacionales con respecto a la exportación de diversos aceites esenciales es posible ampliar la gama de productos ofrecidos y una alternativa innovadora es el aceite de rosas.

El aceite esencial de rosas es un insumo que genera grandes rubros económicos; es por ello que actualmente se ha innovado en el desarrollo de variedades de rosa productoras de aceite esencial, por lo tanto se ha optado por las Rosas Híbridas de Té, las cuales son uno de los cultivos de mayor interés comercial, tanto en el sentido ornamental, en su utilización para jardinería y como insumo de exportación (Floricultura). Su importancia económica también se debe a la extracción de su aceite esencial, el cual es utilizado en la industria cosmética y de perfumería principalmente, ya que produce uno de los aceites esenciales más caros, y se lo denomina "oro líquido" en los mercados mundiales (Baydar, Schulz, Krüge, Erbas, & Kineci, 2008).

Su aceite esencial se caracteriza por tener un alto porcentaje de alcoholes monoterpénicos que contribuyen al valor de dicho aceite en la industria cosmética y de perfumería con un alto costo (entre 5750 y 6000 dólares por litro de aceite) (Baydar et al., 2008).

### **1.7. Importancia ambiental**

Las rosas no están consideradas en peligro de extinción, de hecho, algunas se consideran especies invasivas. El problema es que muchas son vulnerables ante las plagas de insectos y otros organismos, razón por la cual, actualmente el principal objetivo de los genetistas es obtener plantas resistentes a enfermedades que exijan un mínimo uso de tratamientos fitosanitarios (Arzate et al., 2017).

El cultivo de rosas en algunos países, así como en el Ecuador ha sido un factor sustancial para el desarrollo económico de los mismos, mediante la creación de fuentes de trabajo. Sin embargo, también ha provocado aspectos negativos relacionados a la sociedad y el ambiente, tales como problemas de salud en los trabajadores, sobre todo cuando están en campo. Esto puede ocasionarse por desconocimiento o falta de capacitación en cuanto al manejo de productos químicos agrícolas, exposición prolongada a ruidos, radiaciones solares, humedad excesiva y altas temperaturas; otro problema de suma importancia a nivel ambiental es la contaminación de recursos no renovables e indispensables para el ser humano como son el suelo y el agua, lo cual se debe al uso inconsciente y desmedido de sustancias químicas como fertilizantes y pesticidas (Rodríguez & Lozano, 2014).

Las condiciones de cultivo para las Rosas Híbridas de Té han cambiado con el tiempo, lo que se traduce en un uso mínimo de productos fitosanitarios, cuidado y mantenimiento en invernaderos, debido a que estos nuevos híbridos presentan mayor tolerancia a bajas temperaturas. Este tipo de rosas, florecen dos veces al año y se adaptan fácilmente a diferentes climas (De Vries & Smeets, 2009). Su cultivo desde el punto de vista industrial resultaría menos nocivos para el medio ambiente y la salud humana, disminuyendo el uso de plaguicidas y fertilizantes, ya que se trabajará desde un enfoque menos estético, en cuanto al aspecto de las rosas y más en el rendimiento y calidad de sus aceites esenciales.

## **Capítulo 2**

### **Marco Metodológico**

#### **2.1. Recepción del material vegetal.**

Las muestras vegetales (49 híbridos de rosas) a evaluar se obtuvieron de La florícola “San Luis” que se encuentra ubicada en el Cantón Pedro Moncayo, ciudad de San Juan de Tabacundo, en Cananvalle Bajo vía a Cuatro Esquinas, siendo la última finca (antes conocida como Charles Flowers).

El material vegetal se empacó en bolsas ziploc herméticas, se clasificó y etiquetó para su posterior transporte a los laboratorios de la UPS, en donde se verificó que esté libre de impurezas y se almacenó en un lugar fresco a temperaturas que no sobrepasen los 25 °C. Se utilizó de 60 a 200 g de corola y cáliz, incluyendo el gineceo y el androceo de la planta (Ver Anexo 1).

Desde Diciembre del 2017 hasta Enero del 2019 se receiptó dicho material vegetal, bajo la tutela de la Ing. Agrónoma Andrea Quezada, quien se encargó del desarrollo de los híbridos (mediante la técnica de polinización entre parentales, generando así alogamia con un valor elevado de heterocigocidad para las siguientes progenies), selección y recolección final de las muestras a ser analizadas, las cuales estuvieron identificadas bajo un código alfanumérico y divididas en dos grupos A (24 híbridos) y C (25 híbridos) (Ver Tabla 1).

#### **2.2. Procesamiento de material vegetal.**

Del material vegetal receiptado se seleccionó el cáliz y la corola que presentaban características de frescura y poco deterioro; a continuación se pesó, troceó y proceso inmediatamente dichas muestras (Ver Anexo 2).

**Tabla 1.**

Códigos de las muestras analizadas

<b>Grupo A</b>	<b>Grupo C</b>
A001	C002
A004	C003
A005	C005
A006	C006
A007	C007
A008	C008
A009	C009
A010	C010
A011	C015
A013	C023
A015	C025
A016	C027
A017	C028
A018	C029
A019	C031
A020	C032
A031	C033
A049	C034
A066	C036
A069	C037
A074	C038

A082	C039
A086	C041
A091	C042
	C043

---

**Elaborado por:** Las autoras, 2018

### **2.3. Extracción del aceite esencial por hidrodestilación.**

Se empleó una proporción 1:1 masa/volumen (g de material vegetal/mL de agua destilada), los cuales fueron hidrodestilados en el equipo Clevenger durante 3 h, para lo cual las muestras de rosas se cargaron en un hidrodestilador, de manera que se formó un lecho fijo compactado. El vapor de agua se inyectó mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. El material vegetal se mantuvo en contacto íntimo con el agua generadora de dicho vapor y se usó el vapor saturado a presión atmosférica (Ver Anexo 3) (Kumar, Sharma, Sharma, Sharma, & Kumar, 2018).

La mezcla de vapor saturado y aceite esencial, se dirigió a un condensador, mediante un “cuello de cisne” o prolongación curvada del conducto de salida del hidrodestilador. En el condensador, la mezcla se condensó y enfrió, hasta temperatura ambiente. A la salida del condensador, se obtuvo una emulsión líquida inestable, la misma que se separó por decantación en un balón de destilación o florentino. El aceite esencial se fue acumulando en la parte superior de la mezcla, debido a la miscibilidad de esta sustancia con el agua y a las diferencias que presentan sus propiedades físicas (densidad y viscosidad) (Torrenegra, Pájaro, & León, 2017).

El aceite esencial no se extrajo solo, junto a el también se obtuvo vapor condensado en el mismo balón de destilación, el cual se conoce como “agua floral”. Esta sustancia contiene un pequeño porcentaje de los compuestos químicos solubles del aceite, los cuales le confieren un suave aroma, similar al aceite destilado. Este procedimiento concluyó cuando se evidenció una fina capa visible de aceite esencial como producto final; acto seguido, se retiró del florentino y se trasvasó en un recipiente hermético de vidrio oscuro (vial ámbar de 1,5 mL) (Ver Anexo 4) y se almacenó en un congelador a -15 °C (Xiao, Luo, Niu, & Wu, 2018).

El hidrodestilador se evacuó y llenó con la siguiente carga de materia prima vegetal, para iniciar una nueva operación, hasta completar la extracción de los aceites esenciales de todos los híbridos de rosas (6 muestras al día  $\pm$  1).

#### **2.4. Cálculo del rendimiento.**

Cada muestra destilada contenida en el vial está formada por una mezcla heterogénea de agua y aceite, por lo que se procedió a colocar sulfato de sodio anhidro con el fin de absorber el excedente de agua presente en dichas muestras. La cantidad de reactivo usada corresponde a  $0,80 \text{ g} \pm 0,5$  por muestra de aproximadamente 0,25 a 0,30 mL. Según Torrenegra y colaboradores (2017) una vez obtenido el peso real del aceite se calcula el rendimiento mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ *Rendimiento* } = \left( \frac{W_{AE}}{W_{MB}} \right) \times 100$$

Dónde:

$W_{AE}$  = peso (g) del aceite esencial;

$W_{MB}$  = peso (g) del material vegetal fresco (Torrenegra et al., 2017).

## **2.5. Análisis de los aceites esenciales mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.**

La identificación de los componentes químicos de los aceites esenciales se efectuó mediante la técnica instrumental de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masa (GC/MS), para lo cual se preparó un nuevo vial con 20  $\mu\text{L}$  de aceite y 980  $\mu\text{L}$  de hexano. Se utilizó el equipo cromatográfico BRUKER, modelo SCION 436-GC (Ver Anexo 5 y 6), con el método preestablecido (EI Fullscan Aceite Rosas V82), el mismo que se encuentra acoplado al espectrómetro de masas BRUKER, modelo EVOQ.

El proceso se desarrolló tomando en cuenta las siguientes especificaciones para la cromatografía gaseosa: frecuencia de corriente alterna de 50/60 Hz, voltaje de 100 a 240 V, control electrónico de flujo (EFC) con tres canales de resolución de 0,001 psi (Veloz, 2018), columna apolar marca BRUKER BR-5ms de diámetro 0,25 mm, con una longitud de 30 m y un espesor de la película de 0,25  $\mu\text{m}$ . Se manejó una temperatura de 250  $^{\circ}\text{C}$  para el inyector y un flujo de helio de 1 mL/min; cabe destacar que la temperatura de la columna inicial es de 60  $^{\circ}\text{C}$  con un tiempo de espera de cinco minutos, elevándose hasta alcanzar así una temperatura de 220  $^{\circ}\text{C}$  a una velocidad de 6  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ; el tiempo total de análisis por ensayo es de 33,67 minutos. Para llevar a cabo dicho proceso fue necesario usar un volumen de inyección de 2  $\mu\text{L}$  por muestra.

Las condiciones que se manejaron en el espectrómetro de masas fueron: energía de ionización 70 eV, energía de filamento 40  $\mu\text{A}$  y un rango de masas de 40-400 m/z.

## **2.6. Identificación de componentes.**

La identificación de los componentes de los aceites esenciales de híbridos de rosas obtenidos, se hizo en base a tres fuentes de verificación: primero un análisis

del espectro de masas y comparación con la base de datos NIST versión 2.0, año 2002 y ADAMS versión 4, año 2017; seguido de un análisis de los índices de retención teóricos con respecto a la base de datos ADAMS y por último el cálculo de los índices de retención experimentales.

El cálculo para el índice de retención o índice de Kovats para todos los componentes volátiles, se hizo mediante series homólogas de n-alcenos (C<sub>8</sub>-C<sub>20</sub>), con el fin de cuantificar los tiempos de elución relativa de los diferentes compuestos analizados en cromatografía de gases, permitiendo de esta manera identificar de forma positiva los componentes químicos presentes en cada uno de los aceites esenciales de las distintas variedades de Rosas Híbridas de Té (Xiao et al., 2018) (Ver Tabla 2).

Según Fajardo y Navarro (2017) los IK (índices isotérmicos) se calcularon en base a la siguiente fórmula:

$$KI = 100n + 11 \times \frac{\log t_{Rx} - \log t_{Rn}}{\log t_{RN} - \log t_{Rn}}$$

Dónde:

**KI:** Índice de retención del compuesto de interés x;

**N:** Números de átomos de carbono del n-alceno que eluye después del compuesto de interés x;

**n:** Números de átomos de carbono del n-alceno que eluye antes del compuesto de interés x;

**tRX:** Tiempo de retención del compuesto de interés x;

**tRn:** Tiempo de retención de n-alcenos que eluye antes del compuesto x;

**tRN:** Tiempo de retención de n-alcenos que eluye después del compuesto x.



**Tabla 2.**Tiempos de retención de n-alcanos (C<sub>8</sub>-C<sub>20</sub>)

Compuesto	Peso molecular	Tiempo de retención
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	3,513
C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128	6,026
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	142	8,531
C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	156	10,58
C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	170	12,305
C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	13,834
C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	15,225
C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	16,515
C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	17,728
C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	18,873
C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	254	19,959
C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	20,997
C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282	21,984

---

**Elaborado por:** Las autoras, 2018**2.6.1. Análisis estadístico.**

El análisis de datos se realizó mediante los programas estadísticos PAST (Paleontological Statistics software) versión 2.17c, año 2013 y R versión 3.5.1 (2018-07-02), los cuales proporcionaron información clara y ordenada en relación a los componentes principales y sus respectivos porcentajes en los aceites esenciales obtenidos.

Dentro del programa estadístico PAST se desarrolló un análisis de componentes principales (PCA), un escalamiento multidimensional no métrico (MDS) y finalmente un análisis Cluster, adicionalmente la parte descriptiva de los datos se obtuvo con el programa estadístico R, el cual maneja lenguaje de programación complejo.

Para facilitar la manipulación de los datos fue necesario transformar los mismos a una escala logarítmica ( $\text{Log}(\text{Valor original}) + 1$ ). Se incluyó la proporción +1 con el fin de evitar valores negativos dentro de la secuencia de valores.

## Capítulo 3

### Resultados y Discusión

#### 3.1. Calculo de rendimientos de los aceites esenciales de Rosas Híbridas de Té.

Se obtuvo el rendimiento de cuarenta y nueve muestras de aceite provenientes de distintas variedades de Rosas Híbridas de Té, las cuales estaban comprendidas en dos grupos (A y C) y regidas bajo un código numérico específico (Ver Tabla 3).

**Tabla 3.**

Rendimientos de los aceites esenciales de Rosas Híbridas de Té.

<b>Código</b>	<b>Rendimiento (% P/P)</b>	<b>Código</b>	<b>Rendimiento (% P/P)</b>
<b>A001</b>	0,0246	<b>C002</b>	0,0441
<b>A004</b>	0,0369	<b>C003</b>	0,0505
<b>A005</b>	0,0209	<b>C005</b>	0,0013
<b>A006</b>	0,0200	<b>C006</b>	0,0106
<b>A007</b>	0,0028	<b>C007</b>	0,0109
<b>A008</b>	0,0015	<b>C008</b>	0,0293
<b>A009</b>	0,0580	<b>C009</b>	0,0359
<b>A010</b>	0,0303	<b>C010</b>	0,0015
<b>A011</b>	0,0312	<b>C015</b>	0,0214
<b>A013</b>	0,0262	<b>C023</b>	0,0163
<b>A015</b>	0,0213	<b>C025</b>	0,0015
<b>A016</b>	0,0128	<b>C027</b>	0,0041
<b>A017</b>	0,0303	<b>C028</b>	0,0322
<b>A018</b>	0,0600	<b>C029</b>	0,0177

<b>A019</b>	0,0281	<b>C031</b>	0,0046
<b>A020</b>	0,0064	<b>C032</b>	0,0170
<b>A031</b>	0,0130	<b>C033</b>	0,0034
<b>A049</b>	0,0312	<b>C034</b>	0,0098
<b>A066</b>	0,0050	<b>C036</b>	0,0211
<b>A069</b>	0,0586	<b>C037</b>	0,0020
<b>A074</b>	0,0080	<b>C038</b>	0,0033
<b>A082</b>	0,0136	<b>C039</b>	0,0520
<b>A086</b>	0,0136	<b>C041</b>	0,0027
<b>A091</b>	0,0348	<b>C042</b>	0,0167
		<b>C043</b>	0,0038

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

Una vez estandarizados los datos de todas las muestras analizadas, se pudo establecer que los valores de varianza entre A y C no presentan diferencia significativa, por lo cual es posible llevar a cabo un análisis conjunto entre los dos grupos de muestras de rosas. Sin embargo, también se puede apreciar en función al coeficiente de variación, que no existe homogeneidad entre los datos de ambos grupos, es decir ninguna variedad de Rosa Híbrida de Té es igual a otra. Esto es posible corroborar con los análisis estadísticos descriptivos realizados (Ver Tabla 4 y 5).

En base a los valores obtenidos en el análisis estadístico del primer cuartil ( $Q_1(\log_{A+1}) = 0,005525$ ;  $Q_1(\log_{C+1}) = 0,00145$ ) y tercer cuartil ( $Q_3(\log_{A+1}) = 0,01337$ ;  $Q_3(\log_{C+1}) = 0,01085$ ) se clasificó a los híbridos según su rendimiento en alto, medio y bajo. Todos los resultados numéricos de A y C por encima del  $Q_3$  son considerados como los híbridos de mayor rendimiento; por debajo de este valor se establecen como híbridos

de rendimiento medio, hasta que alcance el percentil 25 o  $Q_1$  y los números por debajo de este cuartil ( $Q_1$ ) son considerados como híbridos de bajo rendimiento.

**Tabla 4.**

Análisis estadístico descriptivo de los valores originales

<b>A. Descriptivo</b>	<b>A</b>	<b>C</b>
<b>Número de muestra</b>	24	25
<b>Valor mínimo</b>	0,0015	0,0013
<b>Valor Máximo</b>	0,06	0,052
<b>Rango</b>	0,0585	0,0507
<b>Sumatoria</b>	0,5891	0,4137
<b>Media</b>	0,02454583	0,016548
<b>Error estándar</b>	0,003433699	0,003164091
<b>Varianza</b>	0,0003	0,0003
<b>Desv. Estándar</b>	0,0168	0,0158
<b>Mediana</b>	0,02295	0,0109
<b>25 percentil</b>	0,01285	0,00335
<b>75 percentil</b>	0,0312	0,02535
<b>IQR</b>	0,01835	0,022
<b>Coef. Variación</b>	68,53147	95,60342

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

La diferencia entre  $Q_1$  y  $Q_3$  da como resultado el rango intercuartil (IQR), dichos valores para A y C corresponden a 0,00785 y 0,0094 respectivamente, estos datos nos permiten conocer un posible ordenamiento de las muestras y su significancia en el estudio.

**Tabla 5.**

Análisis estadístico descriptivo de los valores estandarizados

<b>A. Descriptivo</b>	<b>log_A+1</b>	<b>log_C+1</b>
<b>Número de muestra</b>	24	25
<b>Valor mínimo</b>	0,0006	0,0006
<b>Valor Máximo</b>	0,0253	0,022
<b>Rango</b>	0,0247	0,0214
<b>Sumatoria</b>	0,2514	0,1769
<b>Media</b>	0,010475	0,007076
<b>Error estándar</b>	0,00144639	0,00134064
<b>Varianza</b>	5,0E-05	4,5E-05
<b>Desv. Estándar</b>	7,1E-03	6,7E-03
<b>Mediana</b>	0,00985	0,0047
<b>25 percentil</b>	0,005525	0,00145
<b>75 percentil</b>	0,013375	0,01085
<b>IQR</b>	0,00785	0,0094
<b>Coef. Variación</b>	67,64511	94,73132

---

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

De esta manera se puede asumir que los mejores rendimientos corresponden a trece de las muestras, mientras que catorce de los híbridos presentan un rendimiento medio y los veintidós restantes poseen un bajo rendimiento. Entre los dos grupos de Rosas Híbridas de Té, se destacó el grupo A con respecto al grupo C, obteniéndose siete híbridos de alto, ocho de medio y nueve de bajo rendimiento para A, a diferencia de seis híbridos de alto, seis de medio y trece de bajo rendimiento para C (Ver Tabla 6).

**Tabla 6.**

Clasificación de los híbridos según su rendimiento.

<b>Código</b>	<b>log Rend + 1</b>	<b>Rend</b>	<b>Código</b>	<b>log Rend + 1</b>	<b>Rend</b>
C009	0,01531783	A	A082	0,0058666	B
A011	0,0133587	A	C023	0,00700483	M
C002	0,0187421	A	C006	0,00457929	B
A004	0,01575084	A	A016	0,00552369	B
A013	0,01123201	M	A006	0,00860017	M
A005	0,0089832	M	C029	0,00762831	M
C028	0,01376385	A	C032	0,00732095	M
C015	0,00917696	M	C034	0,00423537	B
A049	0,0133429	A	C007	0,00472252	B
A091	0,01483949	A	A074	0,00346053	B
A017	0,01294262	M	A020	0,0027854	B
A015	0,00915333	M	A066	0,00215166	B
A018	0,02530587	A	C031	0,00199851	B
C039	0,0219951	A	C027	0,00176399	B
A019	0,01203536	M	C043	0,00164719	B
A001	0,01054022	M	C033	0,00147987	B
A010	0,0129637	M	C038	0,00141999	B
A069	0,02471821	A	A007	0,00121433	B
C003	0,02140196	A	C041	0,00115802	B
A009	0,02448567	A	C037	0,00085905	B
C036	0,00906828	M	C010	0,00065095	B

A086	0,00587374	B	A008	0,00063578	B
A031	0,00562874	B	C025	0,00063216	B
C008	0,012549	A	C005	0,00058157	B
C042	0,00719282	M			

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

**Nota:** Rend = rendimiento, A = alto rendimiento, M = rendimiento medio, B = bajo rendimiento

La clasificación de las muestras de Rosas Híbridas de Té de acuerdo a su rendimiento es esencial para el desarrollo de los resultados posteriores, puesto que de ahora en adelante solo se tomarán en cuenta los híbridos con los mejores rendimientos. Las muestras con bajo rendimiento se eliminaron.

### **3.2. Identificación cualitativa y cuantitativa de los aceites esenciales obtenidos de Rosas Híbridas de Té.**

Tras realizar el protocolo de extracción y análisis descrito en la metodología, se identificó alrededor de treinta y cuatro compuestos en las muestras de aceites esenciales, en los cuales se destacan una serie de monoterpenos como el mirceno y el beta pineno; alcoholes acíclicos (geraniol, linalol, citronelol y nerol), monocíclicos ( $\alpha$ -terpineol y 1-terpinen-4-ol), bicíclicos (borneol); aldehídos acíclicos (geranial, neral y citral); sesquiterpenos (germacreno D) y cantidades no representativas de cetonas y ésteres (Ver Anexo 7).

También se lograron identificar los compuestos 3,5-dimetoxitolueno (DMT) en veinticuatro muestras de la totalidad analizada y feniletanol en veintiuno de ellas. Es importante mencionar que la cantidad relativa de dichos compuestos difieren considerablemente de un híbrido a otro, lo cual se debe al tipo de rosa del que proviene. La fragancia de la rosa china está dominada por DMT y exenta de alcoholes monoterpénicos, mientras que la fragancia de la rosa europea presenta altas cantidades



de alcoholes monoterpénicos y bajas cantidades de DMT (Cherri-Martin et al., 2015), lo que explica dicha variación.

Se identificaron cuatro muestras (A005, A013, A069 y C036) que contenían germacreno D en su composición química. Este tipo de sesquiterpeno es producido por una gran número de especies de plantas debido a sus propiedades insecticidas y antimicrobianas (NIST, 2018). Otros de los compuestos que presentan interés son el eugenol, el cual fue encontrado en la muestra A069 y metil eugenol, que se encontró en las muestras A018, A019 y A069. Estos son considerados componentes activos antioxidantes en los aceites esenciales de rosas (Yi, Sun, Bao, Ma, & Sun, 2019).

Los aldehídos y alcoholes monoterpénicos son característicos de las rosas europeas. Estos son los responsables de generar una fragancia dulce, dentro de los cuales se puede destacar al nerol, citronelol, geraniol, citral, limoneno y geranial; siendo los más abundantes en este estudio el geraniol y el citronelol (Ver Anexo 7). Los aceites esenciales provenientes de los híbridos analizados contienen en su estructura química principalmente alcoholes monoterpénicos.

La cantidad y los tipos de componentes se vieron muy afectados, posiblemente por parámetros genéticos o ambientales, tal como se describe en la investigación “The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.)” de Baydar & Baydar en 2005.

### **3.3. Selección de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té según los compuestos de interés.**

Las mejores variedades de Rosas híbridas de Té se seleccionaron en función a su rendimiento. Los compuestos químicos que se tomaron en cuenta para cada una de las

muestras fueron los alcoholes monoterpénicos citronelol, geraniol, linalol, nerol y feniletanol, para lo cual se determinó el porcentaje de cada uno de ellos contenido en el aceite esencial de cada muestra. A esto se suma, el bajo contenido de hidrocarburos que presentaron los híbridos analizados. El contenido de estos compuestos en el aceite esencial de rosa es el principal estándar para evaluar la calidad de su aceite (Xiao et al., 2019).

Los híbridos que mostraron mayor cantidad de estos compuestos fueron A009 (48,697 %), A018 (6,583 %) y C003 (37,894 %) de citronelol; C009 (55,462 %), A011 (44,784 %) y C003 (25,764 %) de geraniol; C009 (44,538 %), A011 (17,159 %) y C002 (14,982 %) de nerol; A009 (6,738 %) de linalool y A019 (83,058 %), A049 (82,934 %) y A017 (67,360 %) de feniletanol.

Mientras que los porcentajes más bajos de citronelol los presentaron los híbridos A005 (1,460 %), C015 (2,527 %) y A019 (3,625 %); de geraniol A091 (0,432 %), A001 (1,350 %) y A010 (2,099 %); de nerol A009 (0,121 %), A001 (0,450 %) y A019 (0,899 %); de linalool C028 (0,337 %), A069 (1,083 %), C015 (1,278 %) y C003 (3,310 %) y de feniletanol A069 (0,353 %), C003 (0,625 %), A009 (1,778 %), A091 (1,808 %) y A018 (3,595 %) (Ver Tabla 7).

También se estandarizó dichos porcentajes con el objeto de facilitar el manejo de datos en los posteriores análisis estadísticos, para lo cual se llevó estos valores a una escala común, en donde el valor de cero se mantiene y los demás números son positivos, quedando así, los datos listos para llevar a cabo cualquier tipo de análisis estadístico ANOVA (por sus siglas en inglés Analysis of variance). Sin embargo para este estudio se tomaron en cuenta otros elementos estadísticos a más de la varianza (Ver Tabla 8).

**Tabla 7.**

Porcentajes originales obtenidos del análisis cromatográfico a los aceites esenciales de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té.

<b>Código</b>	<b>Citronelol %</b>	<b>Geraniol %</b>	<b>Nerol %</b>	<b>Linalool %</b>	<b>Feniletanol %</b>
A011	0,000	44,784	17,159	0,000	0,000
C009	0,000	55,462	44,538	0,000	0,000
C002	0,000	23,444	14,982	0,000	0,000
A004	0,000	10,520	8,254	0,000	0,000
C039	13,298	24,334	2,065	0,000	14,788
A015	12,106	18,032	6,298	0,000	15,632
C003	37,894	25,764	1,070	3,310	0,625
A009	48,697	18,753	0,121	6,738	1,778
C015	2,527	3,145	0,000	1,278	0,000
A005	1,460	3,973	1,339	0,000	0,000
A069	18,643	12,632	11,313	1,083	0,353
C028	7,625	10,266	5,368	0,337	0,000
A018	46,583	21,840	4,570	0,000	3,595
A013	20,527	10,290	2,387	0,000	0,000
A019	3,625	3,124	0,899	0,000	83,058
A001	13,501	1,350	0,450	0,000	46,579
A010	0,000	2,099	1,869	0,000	27,629
A091	0,000	0,432	0,000	0,000	1,808
A017	0,000	3,517	0,000	0,000	67,360
A049	0,000	2,813	0,000	0,000	82,934

---

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

**Tabla 8.**

Porcentajes estandarizados (Log+1) obtenidos del análisis cromatográfico a los aceites esenciales de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té.

Código	Citronelol %	Geraniol %	Nerol %	Linalool %	Feniletanol %
A011	0,000	1,661	1,259	0,000	0,000
C009	0,000	1,752	1,658	0,000	0,000
C002	0,000	1,388	1,204	0,000	0,000
A004	0,000	1,061	0,966	0,000	0,000
C039	1,155	1,404	0,486	0,000	1,198
A015	1,117	1,279	0,863	0,000	1,221
C003	1,590	1,428	0,316	0,634	0,211
A009	1,696	1,296	0,050	0,889	0,444
C015	0,547	0,617	0,000	0,358	0,000
A005	0,391	0,697	0,369	0,000	0,000
A069	1,293	1,135	1,090	0,319	0,131
C028	0,936	1,052	0,804	0,126	0,000
A018	1,677	1,359	0,746	0,000	0,662
A013	1,333	1,053	0,530	0,000	0,000
A019	0,665	0,615	0,279	0,000	1,925
A001	1,161	0,371	0,161	0,000	1,677
A010	0,000	0,491	0,458	0,000	1,457
A091	0,000	0,156	0,000	0,000	0,448
A017	0,000	0,655	0,000	0,000	1,835
A049	0,000	0,581	0,000	0,000	1,924

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

El fin de este trabajo de investigación es identificar los tipos de Rosas Híbridas de Té que se pueden cultivar con mayor interés para la industria. El aceite de rosa se caracteriza por tener un alto porcentaje de alcoholes monoterpénicos que incluyen citronelol, nerol, geraniol, linalol y alcohol feniletílico. Estos componentes contribuyen principalmente al valor de perfumería del aceite de rosa, ya que producen un aroma dulce y de frescura típicos que se desean para obtener un aceite de rosa de alta calidad.

Además, un bajo contenido de hidrocarburos en el aceite evita que se solidifique cuando se enfría, lo cual se considera conveniente al momento de trabajar con aceites esenciales, sobre todo cuando se emplean a escala industrial, ya que los aceites no deben contener residuos sólidos en suspensión; esto se ve reflejado en la pureza del mismo, según lo establecido en las normas internacionales y propias de cada país, en lo que a uso de aceites esenciales se refiere (Baydar & Baydar, 2005).

La proporción de citronelol / geraniol (C/G) se utiliza para evaluar la calidad del olor del aceite de rosa. El mejor olor del aceite de rosa se produce cuando la relación está entre 1,25 y 1,30 (Baydar & Baydar, 2005). Los híbridos que presentaron una proporción adecuada de C/G fueron C015 = 0,803; A019 = 1,161; A069 = 1,471 y C003 = 1,471 (Ver Tabla 9). De acuerdo a estos resultados se podría asumir que dichos híbridos serían de importancia económica para la industria cosmética y de perfumería.

En un estudio realizado por Yi y colaboradores (2019) se demostró que el linalol, el feniletanol, el citronelol y el geraniol son componentes antimicrobianos potenciales en los aceites esenciales de rosas, lo que justifica su uso en una amplia gama de aplicaciones que incluyen perfumería, cosméticos, nutraceuticos e industrias farmacéuticas.

**Tabla 9.**

Proporción C/G de las mejores variedades de Rosas Híbridas de Té.

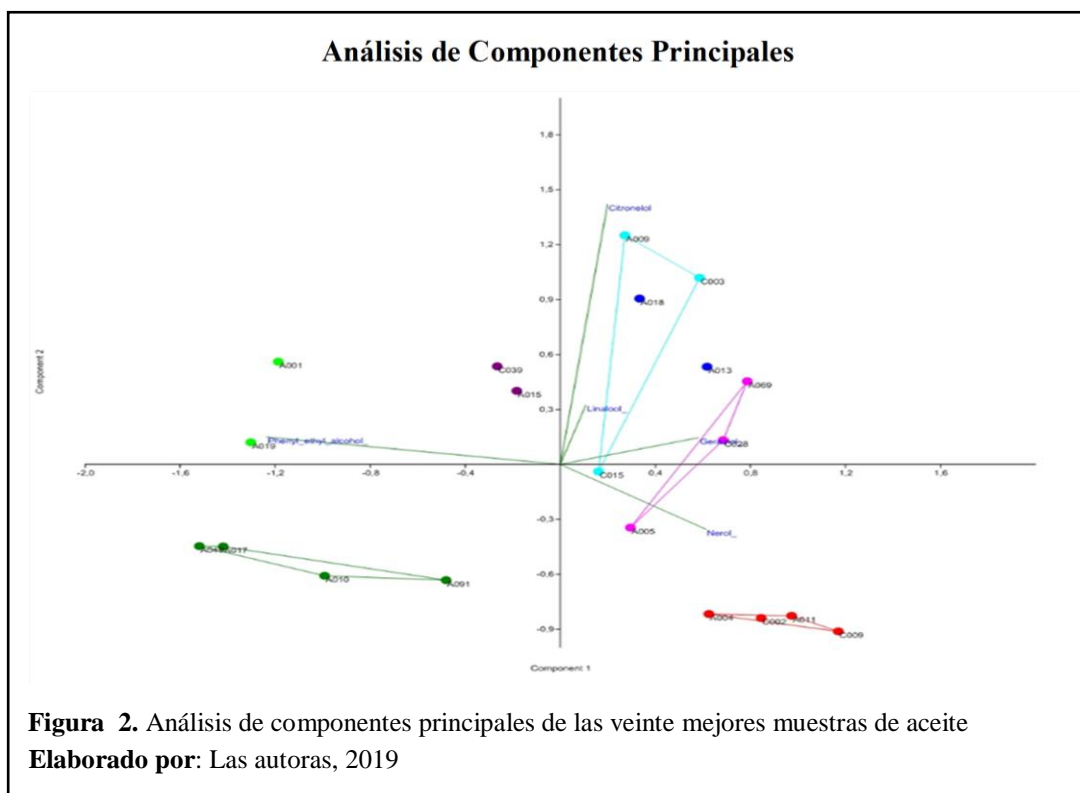
<b>Código</b>	<b>Citronelol %</b>	<b>Geraniol %</b>	<b>C/G</b>
A011	0,000	44,784	0,000
C009	0,000	55,462	0,000
C002	0,000	23,444	0,000
A004	0,000	10,520	0,000
C039	13,298	24,334	0,546
A015	12,106	18,032	0,671
C003	37,894	25,764	1,471
A009	48,697	18,753	2,597
C015	2,527	3,145	0,803
A005	1,460	3,973	0,367
A069	18,643	12,632	1,476
C028	7,625	10,266	0,743
A018	46,583	21,840	2,133
A013	20,527	10,290	1,995
A019	3,625	3,124	1,160
A001	13,501	1,350	10,001
A010	0,000	2,099	0,000
A091	0,000	0,432	0,000
A017	0,000	3,517	0,000
A049	0,000	2,813	0,000

**Elaborado por:** Las autoras, 2019**Nota:** C/G = proporción citronelol/geraniol

### 3.4. Análisis estadístico de las variedades de Rosas Híbridas de Té seleccionadas.

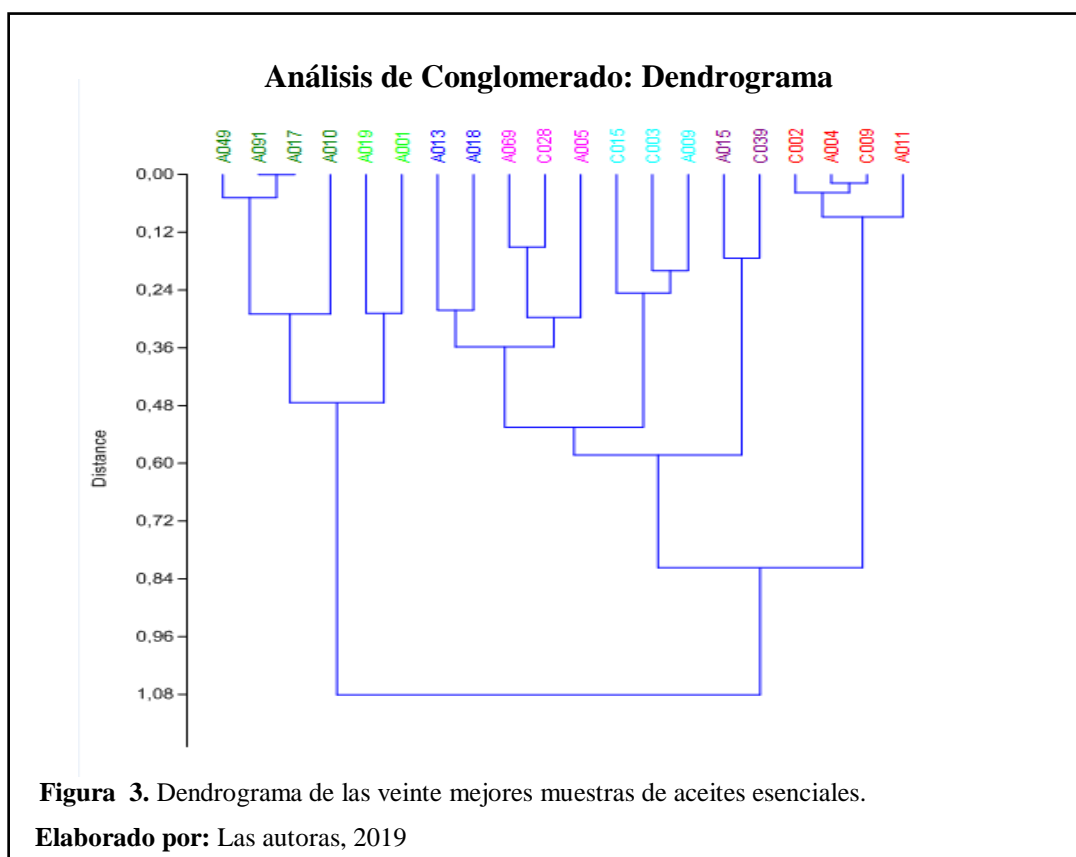
Tras realizar un PCA se pudo determinar la dispersión y posible asociación entre las mejores variables basadas en la composición obtenida tras el análisis cromatográfico de cada uno de los aceites esenciales (20 aceites esenciales). Se identificó claramente la existencia de siete grupos, los cuales constituyen un modelo predictivo, estos contienen porcentajes muy variados de los cinco compuestos químicos previamente seleccionados (geraniol, citronelol, linalool, nerol y feniletanol).

Para ello se calculó el valor de corte de Jolliffe (0,180), el cual determinó el número de componentes principales significativos a ser usados, en este caso fueron dos que correspondieron al citronelol (0,721) y geraniol (0,385) ya que los valores inferiores a 0,180 se consideraron no significativos (nerol=0,141; linalool=0,035 y feniletanol=0.005), destacándose así una mayor varianza entre el primer y segundo componente arrojando un valor de 85,85 % y entre el primer y tercer componente con un porcentaje de 66,94 % (Ver Figura 2).



Según el trabajo desarrollado por Mirzaei & et al. (2016) menciona que la degradación del geraniol y la generación de citronelol puede ser causada por el tiempo y temperatura de almacenamiento, es por ello que se puede asumir que el citronelol constituye un componente principal, debido a su alto contenido dentro de los aceites analizados, ya que las muestras permanecieron alrededor de siete días en condiciones de almacenamiento antes de su extracción, lo que propició una mayor síntesis de citronelol a partir del geraniol.

Los resultados obtenidos corresponden a una categorización propia de un análisis exploratorio de los datos, por ello fue necesario llevar a cabo un análisis MDS con el fin de determinar la mejor unidad de distancia entre los grupos obtenidos, se determinó que la mejor distancia fue la distancia euclidiana, permitiendo así desarrollar un análisis de conglomerado representado a manera de un dendrograma (Ver Figura 3 y Tabla 10).





**Tabla 10.**

Análisis de conglomerados.

Código	Con	Sin	Clúster
A011			
C009	GN	CPL	A
C002			
A004			
C039	GNCP	L	B
A015			
C003	GNCLP	NP	C
A009			
C015	GCL		
A005	GNC	LP	D
A069	GNCLP		
C028	GNCL	P	
A018	GNCP	L	E
A013	GNC	LP	
A019	GNCP	L	F
A001			
A010			
A091	GNP	CL	G
A017			
A049	GP	CLN	

**Elaborado por:** Las autoras, 2019**Nota:** G = geraniol, N = nerol, C = citronelol, L = linalool, P = feniletanol

El análisis de conglomerados nos permitió ratificar la existencia de los siete grupos previamente definidos en el PCA, los cuales se agrupan en función de la similitud que presentan en su composición química; es por ello que se puede apreciar una notable diferencia entre un grupo y otro.

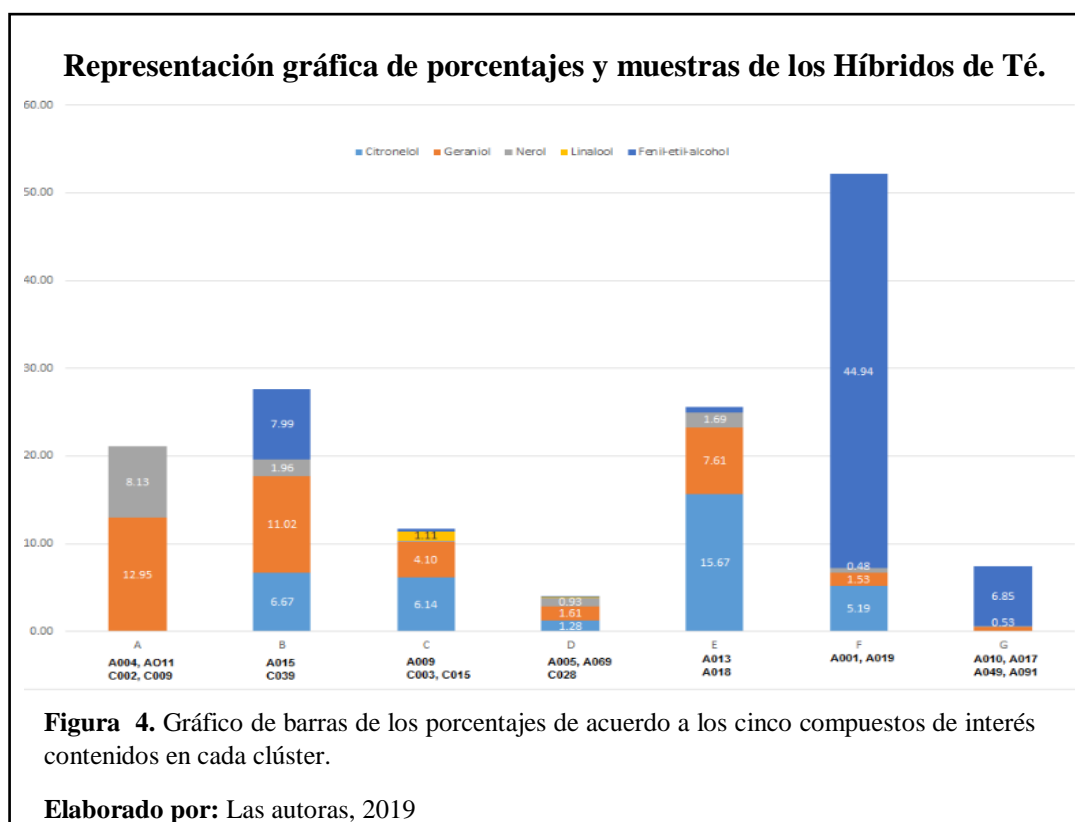
Los clúster definidos se identificaron gracias a letras mayúsculas, las cuales están comprendidas desde la A a la G, siendo posible determinar los códigos y componentes químicos de los aceites esenciales bajo esta nomenclatura.

Es por ello que el grupo A se encuentra conformado por los códigos A011, C009, C002 y A004 conteniendo en su estructura principalmente geraniol y nerol; en los grupos B (C039 y A015), E (A018) y F (A019 y A001) sobresale la presencia de citrionelol, geraniol, nerol y feniletanol, sin embargo la muestra A013 contemplada en el grupo E carece de feniletanol y linalool; en los grupos C y D específicamente las muestras C003, A009 y A069 presentan los cinco compuestos químicos seleccionados para el estudio; cabe destacar que en el grupo G las muestras A017 y A049 carecen de linalool, citrionelol y nerol dentro de su composición química, a esto se suman las muestras A010 y A091 que tampoco presentan linalool y citrionelol.

Las variedades de Rosas Híbridas de Té correspondientes a los códigos C003, A009 y A069 fueron las muestras que presentaron en su estructura química los mismos compuestos que *Rosa damascena*, *Rosa centifolia*, *Rosa pomponia* y *Rosa chinensis* en estudios recientes, en donde se logró obtener muestras de aceite propias de cada variedad, las cuales presentaron un perfil químico rico en alcoholes monoterpénicos y nonadecano (Yi et al., 2019); sin embargo los Híbridos de Té mencionados en un inicio poseen una cantidad poco significativa de hidrocarburos en su composición.

Para una mejor visualización de los datos se recalculó los porcentajes de los cinco compuesto previamente escogidos, tomando en cuenta solo al citronelol, geraniol, linalool, nerol y feniletanol como el 100 % de la composición del aceite esencial, debido a que en un inicio solo se trabajó con los porcentajes relativos de los mismos, puesto que el contenido total de dichos aceites incluían otros compuestos.

El grupo A presentó porcentajes elevados de geraniol (12,95 %) y nerol (8,13 %), sin embargo en el grupo C se identificó un único y mínimo valor de linalool (1,11 %), en el grupo E se encontró un valor considerable de citronelol (15,67 %) y el grupo F mostro el valor más alto de feniletanol (44,94 %) (Ver Figura 4).



Se ha reportado que la aplicación de macro y micronutrientes pueden incrementar el rendimiento y la calidad de aceite esencial en las plantas (Pal et al., 2016); esta podría ser una razón por la que muchas de las variedades de Rosas Híbridas de Té analizadas difieren significativamente en la composición química de su aceite. A esto se suma el

mecanismo de cosecha y poscosecha de las rosas, las condiciones y tiempo de almacenamiento, debido a que en investigaciones se menciona que la calidad del aceite tiende a verse afectada por el tiempo de almacenamiento previo a su destilación y también por el tipo de bolsa de polietileno en el que se contenían las muestras (Mirzaei, Sefidkon, Ahmadi, Shojaeiyan, & Hosseini, 2016).

Es importante mencionar que el almacenamiento de flores de rosa durante un día en bolsas de polietileno mantienen estable el contenido de aceite esencial y los compuestos principales, así como las proporciones adecuadas de citronelol / geraniol (C/G). También se determinó que la condición de almacenamiento a temperatura ambiente provoca una reducción del 18.8 % durante un lapso de siete días desde el inicio del almacenamiento y una pérdida parcial del 25 % del total del aceite después de veintiún días (Mirzaei et al., 2016).

Del mismo modo, Baydar et al. (2008) informaron que el almacenamiento de las flores de rosa de Damasco a 4 °C durante cuatro semanas generó una disminución considerable del aceite en un 66,7 %, en relación al aceite obtenido de los pétalos destilados inmediatamente después de la cosecha.

La rosa de Damasco (*Rosa damascena* Mill.) se considera una de las principales especies de rosas en las que se realizan extracciones para producir aceite esencial, productos de agua de rosas y perfumes de rosa en las industrias (Manouchehri et al., 2018), con este trabajo se puede aseverar que algunas variedades de Rosas Híbridas de Té, a más de utilizarse como flor de corte y jardinería, también se podrían usar para la producción de aceite esencial y sus derivados.

## Conclusiones

- Se logró extraer los aceites esenciales de cuarenta y nueve variedades de Rosas Híbridas de Té específicamente de la corola y cáliz, incluyendo el gineceo y el androceo de la planta, sin embargo para el análisis estadístico solo se tomó en cuenta a las variedades que presentaron los mejores rendimientos (20 híbridos).
- La extracción de aceite esencial de flores de rosa con la hidrodestilación tradicional se consideró exitosa, ya que no se observó un aumento notable en los porcentajes de hidrocarburos, ni la disminución en los porcentajes de alcoholes monoterpénicos al utilizar este método.
- Tras realizar el análisis cromatográfico de las muestras, se determinó que las mismas tenían un perfil químico rico en monoterpenos, sesquiterpenos, alcoholes, aldehídos y cetonas y un bajo contenido de hidrocarburos, lo cual es un indicativo de calidad del aceite, ya que estos resultados pueden ser comparados con el perfil del aceite de la *Rosa damascena*, la cual es considerada un estándar en cuanto a rendimiento y calidad de aceite.
- Los aceites esenciales se clasificaron según su rendimiento en valores altos, medios y bajos, basándose en la información estadística descriptiva ( $Q_1$  y  $Q_3$ ). Se eliminaron las muestras con los rendimientos más bajos, debido a que sus valores eran poco significativos para el estudio.
- Los alcoholes monoterpénicos citronelol, geraniol, linalool, nerol y feniletanol se seleccionaron como compuestos principales, debido a su importancia en la

industria cosmética y de perfumería para la elaboración de insumos. Cabe destacar que estos compuestos se utilizan como parámetros en la calidad del aceite de rosa, siendo más importante la proporción C/G para evaluar la calidad del olor del aceite. Los híbridos que presentaron una proporción adecuada de C/G fueron C015 = 0,803 (con rendimiento medio); A019 = 1,161 (con rendimiento medio); A069 = 1,471 (con rendimiento alto) y C003 = 1,471 (con rendimiento alto).

- Los resultados estadísticos determinaron que existen siete grupos a los cuales se asocian las muestras en función a los cinco compuestos químicos seleccionados, destacándose así los híbridos C003, A009 y A069, los cuales presentaron un perfil químico en su aceite con los cinco compuestos, a más de poseer un alto rendimiento. Es relevante mencionar que ningún grupo es semejante entre sí, debido a que los porcentajes de dichos compuestos difieren de una muestra a otra, siendo el grupo A el que contiene mayor cantidad de geraniol y nerol, mientras que el grupo C se identificó por ser el único grupo en contener linalool, el grupo E mostró un porcentaje considerable de citronelol, en comparación con los otros, y el grupo F se destacó por presentar el valor más alto de feniletanol.
- Se determinó que existen diferencias significativas tanto cualitativas como cuantitativas en los aceites esenciales de cada Híbrido de Té analizado, lo cual se puede atribuir a factores externos (temperatura, condiciones y tiempo de almacenamiento) e internos (factores genéticos) que pudieron haber alterado el rendimiento y composición química de los mismos.

## **Recomendaciones**

- Explorar otros métodos de extracción de aceite esencial que resulten más beneficiosos en cuanto al ahorro de tiempo de extracción, energía y rendimiento.
- Solicitar a la empresa proveedora del material vegetal un informe detallado de las fechas y horas exactas en las que se realizó el proceso de cosecha; adicionalmente se debería considerar como prioridad destilar el material el mismo día para evitar la pérdida de componentes volátiles, ya que esto puede disminuir el rendimiento y calidad del aceite esencial.
- Manejar un protocolo estándar en relación al manejo de las muestras: temperatura y tiempo de refrigeración, tiempo de destilación y tiempo de deshidratación de las muestras con sulfato de sodio anhidro previo a la extracción del aceite.

## Referencias

- Arzate, A., Bautista, M., Piña, J. L., Reyes, J., & Vázquez, L. M. (2017). *Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal (Rosa sp.)* (Primera). México: UAEM, Facultad de Ciencias. Retrieved from file:///C:/Users/Personal/Downloads/Técnicas-rosal (1).pdf
- Atkins, P. W., Jones, L., & Gismondi, M. I. (2006). *Principios de química: los caminos del descubrimiento*. Médica Panamericana.
- Baydar, H. (2006). Oil-Bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) Cultivation and rose oil industry in Turkey. *Industrial Crops and Products*, 14(6), 13–17. Retrieved from [https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&q=Oil bearing+rose+%28Rosa+damascena+Mill.%29+cultivation+and+rose+oil+industry+in+Turkey&btnG=&lr=#0](https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&q=Oil+bearing+rose+%28Rosa+damascena+Mill.%29+cultivation+and+rose+oil+industry+in+Turkey&btnG=&lr=#0)
- Baydar, Hasan., & Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 21(2), 251–255. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.004>
- Baydar, Hasan, Schulz, H., Krüge, H., Erbas, S., & Kineci, S. (2008). Influences of fermentation time, hydro-distillation time and fractions on essential oil composition of damask rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 11(3), 224–232. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2008.10643624>
- Bousbia, N., Vian, M., Ferhat, M., Petitcolas, E., Meklati, B., & Chemat, F. (2009). Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. *Food Chemistry*.



114, 355-362.

Campo, Y. (2012). Evaluación de dos variedades de flores (*Rosas sp.*), para su introducción en la Unidad Presupuestada “Servicios Comunes” de Báguano. Retrieved March 25, 2019, from [http://repositorio.uho.edu.cu/jspui/bitstream/uho/528/1/YUDIHT CAMPO TAMAYO %202012%20.pdf](http://repositorio.uho.edu.cu/jspui/bitstream/uho/528/1/YUDIHT_CAMPO_TAMAYO%202012%20.pdf)

Castilla, Y. (2005). “Revisión bibliográfica: Cultivo de tejidos de rosas (*Rosa sp.*): un acercamiento a investigaciones recientes”, Cultivos tropicales. *Revisión Bibliográfica*., 26(4), 43–47.

Cherri-Martin, M., Jullien, F., Heizmann, P., & Baudino, S. (2015). Fragrance heritability in Hybrid Tea Roses. *Scientia Horticulturae*, 113(2), 177–181. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2007.03.002>

De Vries, D., Lidwien, A., & Smeets, L. (2015). comparable to the interval between harvests in cultivars , increased with lower temperatures (De Vries and Smeets , 1979). However , time and frequency of sprouting in seedlings have not yet been studied. As a preliminary to selection, the present, 28, 281–287.

De Vries, D., & Smeets, L. (2009). Effects of temperature on growth and development of Hybrid Tea Rose seedlings. *Scientia Horticulturae*, 11(3), 261–268. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(79\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0304-4238(79)90009-8)

Del Valle, J., & Aguilera, J. (2010). Review: high pressure CO<sub>2</sub> extraction. Fundamentals and applications in the food industry. *Food Science and Technology*, 5 (1), 1–24.

Domínguez, M. (2015). Potencial tecnológico y económico de las nuevas herramientas

de mejora en producción vegetal. In *Tradición y Mejora Del Rosal* (pp. 25–32). Valencia: Biovegen.

Fajardo, L., & Navarro, R. (2017). *Caracterización del aceite esencial de la especie Peperomia subspathulata (Piperaceae) y evaluación de su capacidad como agente antimicrobiano*. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A).

Flores, M. (2010). *Investigación de los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso. Análisis del estado de su regulación en Chile y el mundo*. Universidad De Chile. Retrieved from [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-flores\\_mc/pdfAmont/qf-flores\\_mc.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/qf-flores_mc/pdfAmont/qf-flores_mc.pdf)

González, J., Leon, J., Molina, V., & Vera, M. (2018). Desarrollo de resistencia al hongo *Botritis cinerea* en el cultivo de rosas (*Rosa sp.*) mediante la aplicación de cuatro niveles de potasio en la zona de Cayambe provincia de Pichincha., 3–10.

Groot, A. C. De. (2018). *Fragrances and Essential Oils*.

Honarvar, M., Javidnia, K., & Khosh-Khui, M. (2011). Essential oil composition of fresh and dried flowers of *Rosa moschata* from Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 47(5), 826–828. <https://doi.org/10.1007/s10600-011-0075-2>

Kovacheva, N., Rusanov, K., & Atanassov, I. (2010). Industrial Cultivation of Oil Bearing Rose and Rose Oil Production in Bulgaria During 21ST Century, Directions and Challenges. *Taylor & Francis*.

Kumar, R., Sharma, S., Sharma, S., Sharma, M., & Kumar, N. (2018). Influence of flower to water ratio and distillation time of damask rose (*Rosa damascena* Mill.)

flowers on essential oil content and composition in the western Himalayas. *Journal of Essential Oil Research*, 30(5), 353–359.  
<https://doi.org/10.1080/10412905.2018.1473814>

López, J. (1981). *Cultivo del rosal en invernadero* (Primera). Mundi-Prensa.

López, R. (2015). Monitoreo de fármacos por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas en el laboratorio clínico del Hospital Nacional Psiquiátrico. *Revista Cúpula*, 17–22.

López, T. (2014). Los aceites esenciales. *Offarm*, 23(7), 88–91. Retrieved from <http://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13064296>

Manouchehri, R., Saharkhiz, M. J., Karami, A., & Niakousari, M. (2018). Extraction of essential oils from damask rose using green and conventional techniques: Microwave and ohmic assisted hydrodistillation versus hydrodistillation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 8, 76–81.  
<https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.03.002>

Mirzaei, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N., Shojaeiyan, A., & Hosseini, H. (2016). Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short-and long-term handling. *Industrial Crops and Products*, 79, 219–224.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.011>

Moein, M., Karami, F., Tavallali, H., & Ghasemi, Y. (2010). Composition of the essential oil of *Rosa damascena* Mill. from south of Iran. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 59–62.

Moein, M., Zomorodian, K., & Almasi, M. (2017). Preparation and Analysis of *Rosa damascena* Mill. Essential Oil Composition and Antimicrobial Activity

Assessment of Related Fractions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*. <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0220-2>

Naranjo, M., & Burgos, S. (2010). Boletín mensual de análisis sectorial de MIPYMES-Sector Florícola. Retrieved March 25, 2019, from flacso-mipro: <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/k23wo5fko3cq1nhkc0mqf8bd8jutu5.pdf>

Nazıroğlu, M., Kozlu, S., Yorgancıgil, E., Uğuz, A. C., & Karakuş, K. (2013). Rose oil (from *Rosa × damascena* Mill.) vapor attenuates depression-induced oxidative toxicity in rat brain. *Journal of Natural Medicines*, 67(1), 152–158. <https://doi.org/10.1007/s11418-012-0666-7>

NIST, (El National Institute of Standards and Technology). (2018). Libro del web de Química. <https://doi.org/https://doi.org/10.18434/T4D303>

Ortega, A. (2015). “ *Extracción , caracterización por CG-EM y actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de Passiflora edulis Flavicarpa de origen ecuatoriano .*”. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

Ortuño, M. F. (2006). *Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes*. Aiyana.

Pal, P., Mahajan, M., & Agnihotri, V. (2016). Foliar application of plant nutrients and kinetin modifies growth and essential oil profile in *Rosa damascena* Mill. under acidic conditions, (6). <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2187-6>

Paredo, H., Palou, E., & López, A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3, 24–32. Retrieved from

[https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf)

Revista Vistazo-Enfoque. (2018, December). Exportación de aceites esenciales crece en el Ecuador | Vistazo.

Rivas, C., Oranday, M., & Verde, M. (2016). *Investigación en plantas de importancia médica*. Universidad Autónoma De Nuevo León. México: OmmaScience. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=8kgcDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Formas+de+extraer+el+aceite+esencial+de+una+planta+pdf&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiyg4aW3N7gAhVsmeAKHRTJAG0Q6AEIMjAB#v=onepage&q&f=false>

Rodríguez, C., & Lozano, S. (2014). *UF0014 - Siembra y trasplante de cultivos hortícolas y flor cortada* (Primera). España: Editorial Elearning, S.L.

Rodríguez, M., Alcaraz, L., & Real, S. (2012). *Procedimientos para la extracción de aceite en plantas aromáticas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C* (Primera). La Paz, Baja California Sur, México. Retrieved from [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez\\_m.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf)

Romero, M. (2004). *Plantas Aromáticas Tratado de Aromaterapia Científica* (Kier). Buenos Aires.

Salazar, D. (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2016.

Scanniello, S. (2006). *A year of roses*. Cool Springs Press.

- Schneider, P. (2009). *Right rose, right place : 359 perfect choices for beds, borders, hedges and screens, containers, fences, trellises, and more*. Storey Pub.
- Sereshti, H., Karimi, M., & Samadi, S. (2014). Application of response surface method for optimization of dispersive liquid-liquid microextraction of water-soluble components of *Rosa damascena* Mill. essential oil. *Journal of Chromatography A*, 1216(2), 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.11.081>
- Slavov, A., Vasileva, I., Stefanov, L., & Stoyanova, A. (2017). Valorization of wastes from the rose oil industry. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(2), 309–325. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9430-5>
- Stashenko, E. E. (2009). *Aceites Esenciales. División de Publicaciones UIS* (Primera). Bucaramanga: División de Publicaciones UIS.
- Torrenegra, M., Pájaro, N., & León, G. (2017). Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de diferentes especies del género *Citrus*. *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm*, 46(2), 160–175. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v46n2.67934>
- UMA. (2012). Rosales. Retrieved March 13, 2019, from <http://www.jardinbotanico.uma.es/bbdd/index.php/category/rosaceae/rosales/page/13/>
- Veloz, J. (2018). *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Evaluación de la composición química y actividad biológica del aceite esencial proveniente de Piper barbatum Kunth (cordoncillo)*. Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16382>
- Xiao, Z., Luo, J., Niu, Y., Wang, P., Wang, R., & Sun, X. (2019). Olfactory impact of esters on rose essential oil floral alcohol aroma expression in model solution.

*Food Research International*, 116, 211–222.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.015>

Xiao, Z., Luo, J., Niu, Y., & Wu, M. (2018). Characterization of key aroma compounds from different rose essential oils using gas chromatography-mass spectrometry, gas chromatography-olfactometry and partial least squares regression. *Natural Product Research*, 32(13), 1567–1572.  
<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1389933>

Yi, F., Sun, J., Bao, X., Ma, B., & Sun, M. (2019). Influence of molecular distillation on antioxidant and antimicrobial activities of rose essential oils. *Lwt - Food Science and Technology*, 102, 310–316.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.051>

Yilmaz, H., & Rosa, P. O. (2015). Estimating the Economic Costs and Level of Pesticide Use in Oil Rose (*Rosa damascena* Mill.) Orchards : Evidence from a Survey for the Lakes Region of Turkey, 195–202.  
<https://doi.org/10.1007/s10341-015-0251-9>

## **Anexos**

### **Anexo 1. Material vegetal fresco**



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

### **Anexo 2. Corola y cáliz (gineceo y el androceo) de la planta.**



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.



**Anexo 3.** Equipo de hidrodestilación (Clevenger).



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

**Anexo 4.** Aceite esencial de rosa.



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

**Anexo 5.** Cromatógrafo de Gases Acoplado a Masas GC/MS



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

**Anexo 6.** Cromatógrafo listo para el análisis de muestras.



**Elaborado por:** Las autoras, 2019.

**Anexo 7.** Análisis cualitativo y cuantitativo de los aceites esenciales provenientes de diversos cruces de Rosas Híbridas de Té.

Nombre del compuesto	IK	Código de la muestra									
		A001	A004	A005	A006	A007	A008	A009	A010	A011	A013
Beta-Pineno	1015										
Mirceno	1032							1,637			
Alfa-Felandreno	1057			8,590							
Limoneno	1089			0,730							0,497
Cineol	1093										
Linalool	1202							6,738			
Feniletanol	1225	46,579						1,778	27,629		
Borneol	1338				2,313						
Alfa-Terpinen-4-ol	1349										
Alfa-Terpineol	1377		5,754					0,780			
Nerol	1429	0,450	8,254	1,339				0,121	1,869	17,159	2,387
Citronelol	1433	13,501		1,460				48,697			20,527
Neral	1456							1,408			
Geraniol	1478	1,350	10,520	3,973				18,753	2,099	44,784	10,290
Formiato de feniletilo	1484										
Ácido acético, éster 2-feniletílico	1485	3,213									
3,5-Dimetoxitolueno	1507	27,272	7,842	2,155		29,262		0,673	10,607	12,501	18,808
Geranial	1509										
Citral	1511							3,553			
Formiato de citronelilo	1519				0,951			6,915			
Formiato de nerilo	1570				2,713			1,661			
Eugenol	1678										
Formiato de geranilo	1728										
Copaeno	1730				0,232						3,574

Beta- Bourboneno	1747				4,065			0,466			
Beta-Elemeneno	1756			0,630							
Metil eugenol	1773										
Sesquitujeno	1780			0,845							
Beta-Cariofileno	1820			6,306				0,235			
Funebreno	1884			1,918							
Alfa-Humuleno	1895			0,852							
Germacreno D	1947			3,815							6,106
Zingibereno	1971			16,606				0,643			
Farneseno	1987			1,696							

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

Nombre del compuesto	IK	Código de la muestra									
		A015	A016	A017	A018	A019	A020	A031	A049	A066	A069
Beta-Pineno	1015										
Mirceno	1032										0,192
Alfa-Felandreno	1057										
Limoneno	1089										0,141
Cineol	1093										
Linalool	1202										1,083
Feniletanol	1225	15,632	95,929	67,360	3,595	83,058		53,616	82,934		0,353
Borneol	1338										
Alfa-Terpinen-4-ol	1349										0,437
Alfa-Terpineol	1377	4,071	3,322			0,899					0,487
Nerol	1429	6,298			4,570	0,899					11,313
Citronelol	1433	12,106			46,583	3,625		11,717			18,643
Neral	1456										1,359
Geraniol	1478	18,032		3,517	21,840	3,124			2,813		12,632
Formiato de feniletilo	1484					6,170					4,920
Ácido acético, éster 2-feniletílico	1485							3,007	8,864		
3,5-Dimetoxitolueno	1507	35,569			5,330	2,097		31,566			21,754
Geranial	1509										
Citral	1511										
Formiato de citronelilo	1519										
Formiato de nerilo	1570										
Eugenol	1678										0,049
Formiato de geranilo	1728										
Copaeno	1730				4,447						0,556
Beta- Bourboneno	1747										

Beta-Elemeneno	1756										0,029
Metil eugenol	1773				3,661	0,294					0,767
Sesquitujeno	1780										
Beta-Cariofileno	1820										2,364
Funebreno	1884										
Alfa-Humuleno	1895										0,145
Germacreno D	1947										2,407
Zingibereno	1971										
Farneseno	1987										

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

Nombre del compuesto	IK	Código de la muestra									
		A074	A082	A086	A091	C002	C003	C005	C006	C007	C008
Beta-Pineno	1015						0,482				
Mirceno	1032										
Alfa-Felandreno	1057										
Limoneno	1089									3,109	
Cineol	1093										
Linalool	1202						3,310				
Feniletanol	1225		100,000	14,975	0,432		0,625		1,806		17,397
Borneol	1338				1,295						
Alfa-Terpinen-4-ol	1349										
Alfa-Terpineol	1377						0,509		2,515		
Nerol	1429			9,846		14,982	1,070				
Citronelol	1433			16,699			37,894				
Neral	1456						0,852				
Geraniol	1478				0,432	23,444	25,764				
Formiato de feniletilo	1484										
Ácido acético, éster 2-feniletílico	1485										
3,5-Dimetoxitolueno	1507			26,583		25,073				18,952	34,026
Geranial	1509										
Citral	1511						1,783				
Formiato de citronelilo	1519						7,381				
Formiato de nerilo	1570										
Eugenol	1678										
Formiato de geranilo	1728						1,211				
Copaeno	1730						0,653				
Beta- Bourboneno	1747						0,951				

Beta-Elemenol	1756										
Metil eugenol	1773										
Sesquitujeno	1780				1,242						
Beta-Cariofileno	1820							0,884			
Funebreno	1884				0,985						
Alfa-Humuleno	1895							0,319			
Germacreno D	1947										
Zingibereno	1971				15,013						
Farneseno	1987										

**Elaborado por:** Las autoras, 2019



Nombre del compuesto	IK	Código de la muestra									
		C009	C010	C015	C023	C025	C027	C028	C029	C031	C032
Beta-Pineno											
Mirceno	1032			1,163							
Alfa-Felandreno	1057										
Limoneno	1089			1,611						10,873	
Cineol	1093			31,438							
Linalool	1202			1,278				0,337			
Feniletanol	1225				1,988						
Borneol	1338			0,076							
Alfa-Terpinen-4-ol	1349			0,135							
Alfa-Terpineol	1377			1,586							
Nerol	1429	44,538						5,368			
Citronelol	1433			2,527				7,625			
Neral	1456			25,344				0,934			
Geraniol	1478	55,462		3,145				10,266			
Formiato de feniletilo	1484										
Ácido acético, éster 2-feniletílico	1485										
3,5-Dimetoxitolueno	1507			0,179			100,00	66,825		23,737	
Geranial	1509			6,914					27,213		7,606
Citral	1511										
Formiato de citronelilo	1519										
Formiato de nerilo	1570										
Eugenol	1678										
Formiato de geranilo	1728										
Copaeno	1730										
Beta- Bourboneno	1747										

Beta-Elemeneno	1756										
Metil eugenol	1773										
Sesquitujeno	1780										
Beta-Cariofileno	1820										
Funebreno	1884										
Alfa-Humuleno	1895										
Germacreno D	1947										
Zingibereno	1971			5,158							
Farneseno	1987										

**Elaborado por:** Las autoras, 2019

Nombre del compuesto	IK	Código de la muestra								
		C033	C034	C036	C037	C038	C039	C041	C042	C043
Beta-Pineno	1015			0,280						
Mirceno	1032			0,443						
Alfa-Felandreno	1057			3,672						
Limoneno	1089			2,395						
Cineol	1093			35,382						
Linalool	1202			0,068						
Feniletanol	1225			0,063			14,788		46,469	
Borneol	1338			0,353						
Alfa-Terpinen-4-ol	1349			0,211						
Alfa-Terpineol	1377			2,758		1,835		100,000		
Nerol	1429						2,065			
Citronelol	1433						13,298			
Neral	1456			0,783						
Geraniol	1478						24,334			
Formiato de feniletilo	1484									
Ácido acético, éster 2-feniletílico	1485						10,923			
3,5-Dimetoxitolueno	1507	67,801	40,965				19,833			
Geranial	1509			1,419						
Citral	1511									
Formiato de citronelilo	1519									
Formiato de nerilo	1570									
Eugenol	1678									
Formiato de geranilo	1728									
Copaeno	1730			0,228						

Beta- Bourboneno	1747									
Beta-Elemeno	1756			0,245						
Metil eugenol	1773									
Sesquitujeno	1780			0,169						
Beta-Cariofileno	1820			0,639						
Funebreno	1884									
Alfa-Humuleno	1895			0,242						
Germacreno D	1947			0,122						
Zingibereno	1971			21,951						
Farneseno	1987			6,533						

**Elaborado por:** Las autoras, 2019